Die Entwicklung der Keimpflanzen von Marchantia polymorpha L.

und

Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani

Mit 7 Abbildungen im Text und Tafel III—VII

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Philosophischen Fakultät
der Universität Marburg

vorgelegt von

Friedrich Menge
aus Rosenfeld (Wttbg.)

Marburg 1930

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Die Entwicklung der Keimpflanzen von Marchantia polymorpha L.

und

Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani

Mit 7 Abbildungen im Text und Tafel III—VII

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Philosophischen Fakultät
der Universität Marburg

vorgelegt von

Friedrich Menge
aus Rosenfeld (Wttbg.)

Marburg 1930

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Als Dissertation angenommen am 10. Januar 1930.
Berichterstatter: Herr Prof. Dr. P. Claussen.
Tag der mündlichen Prüfung: 15. Januar 1930.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Diese Arbeit erscheint unter dem gleichen Titel in: „Flora", Bd. 124, Heft 4 im Verlage von G. Fischer in Jena.

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Historische Einleitung	423—427
B. Methodik	427—432
Gewinnung und Aufbewahrung der Sporen	427
Herstellung der Nährböden	427—429
Sporenaussaat	429
Behandlung der Kulturen	429—430
Mikroskopische Beobachtung	430—431
Fixierung und Färbung	431
Herstellung der Abbildungen	431—432
C. Eigene Untersuchungen	432—474
I. Marchantia polymorpha L.	432—453
a) Die Sporen und ihre ersten Keimstadien	432—433
b) Thallusentwicklung	433—453
1. Schilderung der Entwicklung mehrerer Keimlinge	433—449
2. Wanderung der Randpunkte des Thallus	449—451
3. Zellbau und Zelldifferenzierung	451
4. Räumliche Verhältnisse	451—453
II. Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani	453—474
a) Die Sporen und ihre ersten Keimstadien	453—455
b) Die Thallusentwicklung	455
1. Schilderung der Entwicklung mehrerer Keimlinge	455—471
2. Wanderung der Randpunkte des Thallus	471
3. Räumliche Verhältnisse	471—474
D. Zusammenfassung	474—475
E. Literaturverzeichnis	475—476
F. Tafelerklärung	477—478

A. Historische Einleitung.

Die Keimung der Marchantiaceensporen ist so oft beobachtet und beschrieben worden, daß ich einen kurzen Überblick über die wichtigsten Untersuchungen vorausschicken möchte.

Der erste, der sich mit ihr schon 1835 beschäftigte, war Mirbel[1]). Er kam schon auf den Gedanken, sie auf einem durchsichtigen Medium

1) Mirbel, M. 1835, s. Näheres bei der im Anhang zit. Lit.

zu beobachten. Seine Versuche, sie auf Glasplatten zu studieren, scheiterten daran, daß die Keimlinge sehr rasch wuchernden Pilzen zum Opfer fielen. Er beschreibt den Keimungsvorgang folgendermaßen (Übersetzung von v. Flotow in Nees v. Esenbecks Naturgeschichte der europäischen Lebermoose, Bd. 4):

„Die Sporen dehnten sich 4 Tage nach der Aussaat bis zu einem Umfange aus, wo ihr Durchmesser das Dreifache der natürlichen Größe erreicht hatte. Die gelben Kügelchen hatten eine grüne Farbe angenommen. Bei allen Keimlingen brachte jede Spore eine Röhre hervor. Aus dieser ersten Zelle oder ersten Röhre entstand eine zweite Zelle, dann eine dritte und vierte und diese erzeugten wieder Röhren. Diese Entwicklung der Zellen und Röhren gab den verschiedenen Individuen das Aussehen knotiger, zuweilen verästelter Schnüre. Aber die Anzahl, die Dicke der Zellen, der Zwischenraum, der sie trennte, änderten vielfältig ab, ebenso die Zahl, Länge, Austrittspunkt der Röhren dergestalt, daß jedes Individuum von allen übrigen verschieden war und sich unter unregelmäßiger, mehr oder minder seltsamer Gestalt darstellte." Theoretische Deutungen, die später immer wieder, wenn sie wechselten, Anlaß zu Meinungsverschiedenheiten gaben, fehlen bei Mirbel noch vollkommen.

Rund 20 Jahre später beschreibt Grönland die Keimung der Marchantiasporen. Die Schilderung ist hier etwas eingehender. Grönland beobachtet, daß sich aus der vergrößerten, ergrünten Spore zuerst eine chlorophyllfreie Vorwölbung durch eine Wand abgespaltet und zum Rhizoid auswächst. Wenig später habe sich dann auch ein mehrzelliger Keimschlauch gebildet, indem sich Querwände eingeschoben hätten. Die junge Pflanze zögert nicht, schreibt Grönland, Rhizoiden auf der Ventralseite auszubilden, und, indem sie sich ausdehnt, bekommt sie abgeplattete Form. Grönland betont bei anderen Formen, z. B. Preissia den Unterschied zwischen Vorkeim und Pflanze.

Wesentlich weiter führten die Untersuchungen Leitgebs in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Vor allem ist die Arbeit über „die Keimung der Lebermoossporen in ihrer Beziehung zum Lichte" (1876) zu nennen. Hier wird versucht, allgemein gültige Entwicklungsgesetze festzustellen. Aus der kugelig angeschwollenen Endzelle des mehr oder weniger langen Keimschlauchs entwickelt sich nach Leitgeb die Keimscheibe, die der oberen Hälfte der Endzelle entspricht und durch drei Wände in die Quadranten zerlegt wird, also eine Zellfläche darstellt, die senkrecht auf dem Keimschlauch steht. Diese Zellfläche soll dem Protonema der Laubmoose homolog sein. Aus einer der Quadrantenzellen geht dann durch Wachstum mit zweischneidiger

Scheitelzelle der Thallus, d. h. die eigentliche Pflanze hervor. In seinem großen Werk „Untersuchungen über Lebermoose“ (Bd. 6, 1882) hat Leitgeb die Sporenkeimung von Marchantia nur kurz angeführt. Er schreibt: „Bezüglich der schon vielfach studierten Keimung sei nur erwähnt, daß bei aller Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der ersten Stadien dann doch immer endlich an der Spitze eines gegliederten Zellfadens eine Zellfläche sich ausbildet, die an ihrem Scheitelrand eine zweischneidige Scheitelzelle erkennen läßt.“

Während Hansel als Schüler Leitgebs in seiner Arbeit über die Keimung von Preissia commutata (1876) ganz streng sich an die Leitgebsche Terminologie hält und an seinem Objekt auch den Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung erbringt, finden wir bei Goebel wenige Jahre später andere Ansichten vertreten. Auch er hat die Keimung von Preissia commutata beobachtet, findet auch einen mehr oder weniger langen Keimschlauch, gegen den sich die die Quadrantenteilung zeigenden, plasmareichen Endzellen als Keimscheibe absetzen. Goebel betont, daß die Keimscheibe nicht scharf von der Pflanze geschieden werden kann. Er homologisiert so, daß er den Zellfaden mit dem Protonema der Laubmoose gleichsetzt. Die Keimscheibe und den sich aus ihr durch Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle entwickelnden Thallus bezeichnet er als Jugendform der Pflanze, die man bei schwacher Beleuchtung ins Zellfadenstadium zurückverwandeln könne. Erst wenn das „Folgestadium“ erreicht ist, d. h. wenn an die Stelle der Scheitelzelle eine Scheitelkante getreten ist, ist diese Umwandlung nicht mehr möglich. Diese Ansicht vertritt auch Bergdolt in seiner Arbeit über Cleveiden (1926, S. 51). Goebel hat die Keimung von Marchantia nicht selbst beobachtet, sondern benützt die Figuren, die Kny in seinen botanischen Wandtafeln veröffentlicht hat und sagt nur, daß die Keimscheibe bei Marchantia nicht deutlich hervortrete.

Nach Leitgebs Zeichnungen von Marchantia-Keimlingen sind es die von Kny (Erläuterungen zu den botanischen Wandtafeln 1890), die den klarsten Einblick in das Wachstum gestatten. Nach seiner Beschreibung wird die Exine so stark gedehnt, daß sie schließlich zerreißt, worauf die Intine ein Rhizoid und dann einen Keimschlauch vorschiebt. Während bei anderen Marchantiaceen die Quadranten gebildet werden, beginne hier sofort eine zweischneidige Scheitelzelle Segmente abzugeben, schreibt er dort. Kny dehnt den Begriff der Keimscheibe weiter aus als Goebel und faßt den Teil des Keimlings, der mit zweischneidiger Scheitelzelle wächst, noch als Keimscheibe auf. Wo bei ihm die Keimscheibe in die junge Pflanze übergeht, ist nicht recht deutlich. Leitgeb

und Kny haben am jungen Thallus Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle sicher festgestellt.

Als letzte, neueste Arbeit über die Sporenkeimung von Marchantia polymorpha nenne ich die von Sister O'Hanlon (1926). Die Verfasserin beschreibt sie etwa folgendermaßen:

Sie erfolgt unmittelbar nach der Aussaat der Spore und beginnt mit der Vergrößerung ihres Durchmessers auf das Doppelte. Während die Spore grün wird, erscheint ein Rhizoid. Seltener werden zwei gebildet. Die Keimlingsform ist teils von äußeren, teils von inneren Bedingungen abhängig.

Miss O'Hanlon kommt auf Grund ihrer Beobachtungen zu den Schluß, daß man kaum ein Entwicklungsgesetz finden könne. Nur an einigen Keimpflanzen hat sie eine Endzelle beobachtet, die der Form nach eine Scheitelzelle sein könnte. Leitgebs Ansichten vom Scheitelwachtstum der Marchantiakeimpflanzen hält sie nicht für ausreichend begründet.

Zur Klärung der vielumstrittenen Fragen beizutragen, ist der Zweck dieser Arbeit. Wie schon Döpp (1927), Gerhardt (1927), Waldmann (1928) genau die Entwicklung verschiedener Farnprothallien und Jung (1927) außerdem die Sporenkeimung von Mezgeria dadurch untersucht hatten, daß sie ein und dasselbe Objekt auf durchsichtigem Medium in seinem Wachstum verfolgten, so ist es auch mit Marchantia geschehen.

Noch eine andere Art, Plagiochasma rupestre (F.) St., unterzog ich dieser Art von Untersuchung. Die Keimung dieser Marchantiacee ist lange nicht in dem Maße studiert worden, wie die von Marchantia. Die einzige ausführlichere Beschreibung fand ich in einer Arbeit von Schostakowitsch über „die Reproduktions- und Regenerationserscheinungen bei Lebermoosen" aus dem Jahre 1894. Der Verfasser hat die Keimung von Plagiochasma Aitoni beobachtet und beschreibt sie folgendermaßen:

„Die Sporen, denen von Preissia an Größe und Gestalt ähnlich, erfahren bei der Keimung schwache Vergrößerung. Zuerst reißt das Exospor an einer beliebigen Stelle, das Endospor tritt als Keimschlauch heraus und wächst zum Lichte hin. Bald tritt die erste Querwand auf. Die abgeschnittene Zelle teilt sich in drei aufeinanderliegende Zellen, deren unterste ungeteilt bleibt, während in der zweiten eine Längswand und später eine schiefe Wand auftritt. Die dritte Zelle liefert die Quadranten. In jedem von ihnen treten Antiklinen und Periklinen auf. Aus dem Quadranten, der dem ersten Rhizoid gegenüberliegt, geht die Pflanze

hervor. Sie wächst anfangs mit zweischneidiger Scheitelzelle. Die jungen Pflänzchen entwickeln sich in der Fläche der Keimscheibe, d. h. senkrecht zum Keimschlauch. In der Scheitelzelle tritt sehr bald eine Querwand auf und es geht die zweischneidige Scheitelzelle in eine prismatische über."

An dieser Beschreibung fällt vor allem auf, daß hier plötzlich eine dreiseitige Scheitelzelle auftreten soll. Diese Ansicht teilt auch Emma Lampa, die in ihren „Untersuchungen an einigen Lebermoosen" (1902) auch kurz auf die Keimung von Plagiochasma rupestre eingeht. Nach ihr schwillt das Ende des Keimschlauchs keulig an und wird als kopfförmige Endzelle abgeschnitten. Die Endzelle wird durch eine weitere Querwand geteilt. Die Spitzenzelle zerfällt in die drei Segmente. Dieselbe Ansicht äußert sie 7 Jahre später, wo sie die Keimung von Peltolepis grandis beschreibt und das Phänomen der Keimscheibe ebensowenig gelten lassen will, wie sie die Quadrantenteilung als falsch gedeutete Mißbildung abtut.

Schließlich erwähnt noch Orth in seiner Arbeit „vergleichende Untersuchungen über die Luftkammerentwicklung der Marchantiaceen" (1929) die Keimung der Sporen von Plagiochasma rupestre.

Bei diesem Objekt, das ich ebenso wie Marchantia auf Agarnährboden zog, machte die Beobachtung erhebliche Schwierigkeit, weil man es hier von Anfang an mit einem ausgesprochenen Zellkörper zu tun hat und daher aus der Oberflächenbeobachtung nur unsichere Schlüsse ziehen kann. Ich habe versucht, durch das Studium von Mikrotomschnitten die notwendigen Ergänzungen zu bekommen.

B. Methodik.

Gewinnung und Aufbewahrung der Sporen.

Die Sporen von Marchantia und Plagiochasma, die ich zu meinen Kulturen verwendete, stammten aus dem botanischen Garten zu Marburg. Die Sporogone von Marchantia und Plagiochasma wurden kurz vor der Sporenentleerung gesammelt und einzeln oder zu wenigen in kleinen, vorher sterilisierten, mit Wattestopfen verschlossenen Reagenzgläsern aufbewahrt. Auf diese Weise hielt ich nicht nur die Sporen monatelang keimfähig, sondern ermöglichte es auch, mit verhältnismäßig sterilem Material zu arbeiten, da die Infektion nichtinfizierter Kapseln durch infizierte ausgeschlossen war und jedesmal zur Aussaat ein neues Reagenzglas geöffnet wurde.

Herstellung der Nährböden.

Benutzt wurden feste Nährböden. Vor allem kamen solche aus Agar-Agar, seltener aus Kieselgallerte, denen ich Nährlösung zusetzte,

zur Anwendung. Den besten Erfolg hatte ich mit der Nährlösung von Knop, deren Zusammensetzung folgende ist:

1,0 g $Ca(NO_3)_2$
0,25 g KCl
0,25 g $MgSO_4$
0,25 g KH_2PO_4
Spur $FeCl_3$
auf 1000 ccm dest. Wasser.

Außerdem bewährte sich die Lösung von A. Meyer, die aus

1,0 g KH_2PO_4
1,0 g NH_4NO_3
0,3 g $MgSO_4$
0,1 g $CaCl_2$
0,1 g $NaCl$
0,01 g $FeCl_3$

auf 1000 ccm dest. Wasser besteht, wenn auch weniger gut, als die Knopsche. Endlich machte ich noch Versuche mit Nährlösungen, die Marie Lilienstern zur Kultur von Marchantia polymorpha (1927) verwendet hat und die von Uspenski (Zusammensetzung siehe Zeitschr. f. Bot., Jg. 1925) und Detmer (Zusammensetzung siehe Marie Lilienstern Untersuchung) angegeben werden. Die Uspenskische Lösung besitzt einen sehr niedrigen Salzgehalt (0,2 ‰), die Detmersche Lösung wandte ich wie Marie Lilienstern in schwächerer Konzentration (0,85 ‰) an, so daß beide Lösungen wesentlich salzärmer sind als die oben angeführten. Meine Versuche machte ich nur mit Marchantiasporen. Immer trat eine frühzeitige Verpilzung der Nährböden ein, so daß die Keimpflänzchen nicht über das erste Stadium hinauskamen.

Zur Herstellung der Agarnährböden verwendete ich 2% Agar-Agar, den ich einige Tage in mehrfach gewechseltem Wasser stehen ließ, um ihn zu reinigen. Er wurde dann mit Wasser verkocht, mit Nährsalzen versehen und heiß durch mit heißem Wasser angefeuchtete, reine Watte in einem Nutschfilter durchgesaugt. Nach Sterilisation kann der Nährboden in Petrischalen ausgegossen oder aufbewahrt werden. Man kann sich auch sterilen Wasseragar aufbewahren und diesen nach Bedarf vor dem Gebrauch mit Nährlösung versetzen.

Die Nährböden aus Kieselgallerte stellte ich nach der in Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von E. G. Pringsheim für Algenkultur angegebenen Methode her (1924, S. 398). Trotzdem ich die Vorschrift genau einhielt, gediehen die Marchantiakulturen bei Anwendung verschiedener Nährlösungen nicht. Plagiochasmasporen

entwickelten sich dagegen auf diesem Substrat ebenso gut, wie auf Nährböden aus Agar-Agar.

Die Dicke der Nährschicht in den Petrischalen betrug etwa 10 mm. Größere Schichtdicken sind zwar für die Beobachtung nicht günstig, aber sie sind nötig, weil dünne Schichten so stark austrocknen, daß das Gedeihen der Pflanzen bald zu wünschen übrig läßt. Die Verpilzung der Kulturen ließ sich wesentlich einschränken, wenn der Agar wochenlang faulen und die Fäulnisprodukte durch Diffusion in reines Wasser übertreten konnten. Dies Verfahren ist von Förster (1927, S. 329) angegeben worden. Da es bessere Kulturen lieferte, als auf Kieselgallerte zu erzielen waren, so gab ich bald die umständliche Kieselgallertmethode auf, zumal auf Kieselgallertnährböden auch Pilze wachsen.

Sporenaussat.

Die Aussat muß mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden, da sich gezeigt hatte, daß eine frühre Infektion mit Pilzsporen und Bakterien dem Gedeihen der Kulturen hinderlich war. Ich erhitzte in einem Porzellanschälchen eine kleine Menge dest. Wasser, bis nur noch einige Tropfen übrig waren. In das erkaltete, sterile Wasser gab ich Sporen von Marchantia oder Plagiochasma und übertrug sie mit einer Platinöse auf die Nährböden, indem ich kreuz und quer über ihre Oberfläche strich. Die Deckel der Petrischalen nahm ich während der Impfung nicht ab, sondern lüftete sie seitlich.

Behandlung der Kulturen.

Bekanntlich erfolgt unter normalen Bedingungen die Keimung der Lebermoossporen nur, wenn Licht von wenigstens einer gewissen Intensität sie eine Zeitlang trifft. Die Thalli stellen sich senkrecht zum Lichteinfall. Deshalb ist es wichtig, daß man die Schalen stets aus derselben Richtung beleuchtet. Dies erreichte ich dadurch, daß ich kleine Papiermarken an die Vertikalwand der Schalen klebte und dafür sorgte, daß diese Marken im Bezug auf den Standplatz immer die gleiche Lage einnahmen. Die Marchantiakulturen standen zuerst am Nordfenster des Arbeitszimmers. Im Winter reichten Beleuchtung und wohl auch Temperatur nicht aus, um die keimenden Sporen am Leben zu erhalten. Ich wählte deshalb als Standort ein Warmhaus des botanischen Gartens. Dadurch gelang es mir, die Mooskeimlinge über die erste kritische Zeit hinwegzubringen. Hatten sie eine gewisse Größe erreicht, so gediehen sie auch am Fenster des Arbeitszimmers. Später bezog ich ein anderes Zimmer, das ein großes Fenster nach

Süden besaß. Hier hatte ich keine Mühe, die Kulturen von Marchantia auch im Winter am Leben zu erhalten. Plagiochasma ist an und für sich viel leichter zu kultivieren und hat mir nie Schwierigkeiten gemacht. Da die Schalen einem schrägen Lichteinfall durch die Fenster ausgesetzt waren, wuchsen die Thalli in einem mehr oder weniger spitzen Winkel vom Substrat weg. Größere Marchantiathalli, die sich nachträglich aufrichteten, wohl deshalb, weil sie während der Beobachtung mit dem Mikroskop eine andere Lage zur Richtung der einfallenden Strahlen einnahmen, als am Standplatze, drückte ich mit einer Objektivlinse vorsichtig wieder aufs Substrat, was ihr Wachstum nicht beeinträchtigte. Mit Plagiochasma hatte ich damit keinen Erfolg. Ich stellte schließlich meine Kulturen dieses Lebermooses schräg, so daß die Lichtstrahlen ungefähr senkrecht auf die Agaroberfläche fielen. Das sich immer wieder bildende Kondenswasser schüttelt man am besten von Zeit zu Zeit vom Deckel ab, denn wenn es auf den Nährboden tropft, besteht die Gefahr, daß es Pilzsporen über die Agarfläche verbreitet und die ausgesäten Moossporen fortschwemmt. Als Ersatz für das verdunstete Wasser fügt man dem Agar hin und wieder sterilisiertes Wasser von einem Raum aus zu, den man durch Herausschneiden eines kleinen, segmentförmigen Stückes Agar aus dem Rande des Nährbodens geschaffen hat. Nährsalzlösung zuzugeben ist nicht statthaft, weil dadurch die Salzkonzentration zu groß wird. Ich habe besonders bei Marchantia beobachtet, daß bei dichter Aussaat der Sporen ihre Keimung und das Wachstum der Keimlinge erheblich beschleunigt wurden. Außerdem schienen die Pilzsporen, die bei dichter Aussaat sicher mindestens eben so häufig waren, wie bei dünner, nicht so rasch zur Keimung zu gelangen. Zur Beobachtung der Keimung der einzelnen Sporen muß man sich die isoliert liegenden Sporen aussuchen, oder von Zeit zu Zeit die Thalli, die durch ihr Wachstum dem zu beobachtenden Objekt zu nahe kommen, wegpräparieren. Dies Verfahren fand ich besser als etwa eine Umpflanzung der Thalli nach einer gewissen Zeit. Auch bei sorgfältiger Präparation wächst der Keimling in einer neuen Schale nicht immer weiter. Außerdem ist ein junger Thallus, solange er von einem Ring von anderen umgeben ist, gegen eine Überwucherung durch Pilzhyphen besser geschützt, als wenn er isoliert stände.

Mikroskopische Beobachtung.

Eine Beobachtung der Sporen und Keimlinge mit dem Mikroskop durch den Deckel der Petrischale hindurch ist nicht möglich. Nimmt man den Deckel ab, so leiden die Pflanzen Schaden. Um die Objektive

nahe genug an die Objekte heranführen zu können, ohne die Kulturen durch die Entdeckelung der Schalen allzusehr auszutrocknen, legte ich auf den Unterteil der Petrischale für die Zeit der Beobachtung eine Glasscheibe von 14 × 12 cm Größe mit einem Loch von 1,7 cm Durchmesser, 6,2 bzw. 5,2 cm vom Rande entfernt, durch das ich das Objektiv bis dicht ans Substrat führte. Die Lage der Sporen bezeichnete ich durch Glasfäden, die vorher durch die Flamme gezogen wurden und legte Skizzen der einzelnen so bezeichneten Bezirke an. Später, wenn die Thalli eine gewisse Größe erreicht hatten, war eine genaue Markierung nicht mehr nötig. Viele der beobachteten Sporen keimten nicht, andere gingen ein, ehe sie einen mehrzelligen Keimling gebildet hatten. Dies traf besonders bei Marchantiasporen, die 8—9 Monate alt waren, so regelmäßig ein, daß nur noch ein kleiner Bruchteil zur Keimung gelangte. Miss O'Hanlon hat in ihrer Arbeit geschrieben, daß Marchantiasporen auch nach 12 Monaten noch zu 100% keimen, dann aber die Keimfähigkeit sehr rasch abnehme. Vielleicht ist doch vielfach schon vor Ablauf eines Jahres die Keimkraft der Sporen beeinträchtigt. Genauere Untersuchungen habe ich allerdings darüber nicht angestellt, glaube auch, daß die Art der Aufbewahrung der Sporen eine wesentliche Rolle dabei spielt.

Fixierung und Färbung.

Größere Thalli, die geschnitten werden sollten, wurden vom Agar abpräpariert, mit Chromessigsäure oder Carnoyscher Flüssigkeit fixiert, nach dem Auswaschen mit Hämalaun gefärbt und durch die Alkohol-Xylolstufen in Paraffin gebracht. Meistens genügte die Vorfärbung. Ganz kleine Thalli mußten anders behandelt werden. Ich präparierte sie zwischen vielen Keimlingen einzeln heraus und übertrug sie auf eine unbesäte Schale mit Agar. Dann goß ich vorsichtig eine dünne Schicht eben noch flüssigen Agar darüber und schnitt die einzelnen Objekte aus dem Agar in Blockform heraus, wobei ich gleich auf die Angabe der Schnittrichtung durch Beschneiden des Blocks bedacht war. Die Agarblöcke wurden nun fixiert, vorgefärbt und dann wie üblich weiterbehandelt. Die Schnittdicke betrug für Querschnitte 10 μ, für Längsschnitte 5 μ.

Herstellung der Abbildungen.

Alle Marchantia- und ein Teil der Plagiochasmazeichnungen wurden mit dem Zeichenapparat nach Abbe bei 710facher Vergrößerung auf Pauspapier entworfen. Für die letzten Untersuchungen an Plagiochasma stand mir ein Zeisssches Apochromat für Beobachtung ohne Deckglas zur Verfügung, das Zeichnungen von 460facher Vergrößerung lieferte.

Größere Zeichnungen mußten aus vielen Teilstücken zusammengesetzt werden. Ein und dasselbe Objekt konnte längere Zeit im Wachstum verfolgt und wiederholt gezeichnet werden. Die Vergleichung der aufeinanderfolgenden Zeichnungen gestattete eine sichere Analyse der Entstehung des Zellnetzes. Meistens genügte es, wenn ich die Objekte einmal am Tage zeichnete. In einzelnen Fällen ging ich aber dazu über, morgens und abends eine Zeichnung anzufertigen und in den wärmsten und hellsten Wochen des Jahres reicht bei dem stürmischen Wachstum von Marchantia auch das noch kaum, wenn man die Entwicklungsfolge der Wände sicher feststellen will. Daß aber von einer gewissen Größe des Thallus ab die Möglichkeit nicht mehr besteht, so viele Aufnahmen zu machen, wird ersichtlich, wenn ich hinzufüge, daß ich an den letzten Zeichnungen der längsten Entwicklungsreihe von Marchantia je einen vollen Tag gearbeitet habe und beinahe ebensolange brauchte, um aus den Einzelzeichnungen das ganze Bild des Thallus zusammenzusetzen. Ein Nachteil ist der, daß man bei mehrschichtigen Objekten, und dazu muß Marchantia sehr früh und Plagiochasma schon nach den ersten Zellteilungen gerechnet werden, nur das Zellnetz der Oberfläche entwerfen kann. Auch dabei ergeben sich schon Schwierigkeiten, denn im abschüssigen Scheitel erscheinen die Zellen, da man schief auf sie hinaufsieht, kleiner als sie sind. Um Einsicht in die räumlichen Verhältnisse des Scheitels und der hinter ihm liegenden Zellen zu bekommen, muß man noch Längs- und Querschnittbilder aufnehmen.

C. Eigene Untersuchungen:

I. Marchantia polymorpha L.

a) Die Sporen und ihre ersten Keimstadien.

Daß den bisher ausgeführten Untersuchungen über die Keimung der Marchantiasporen insofern ein Mangel anhaftet, als die Keimstadien an verschiedenen Objekten beobachtet wurden, während die oben geschilderte Methode darauf ausgeht, ein Objekt in seinem Wachstum so lange wie möglich zu beobachten, wodurch allein sichere Angaben über die Entwicklung möglich werden, habe ich schon erwähnt.

Marchantiasporen standen mir im botanischen Garten zur Verfügung. Sie kamen im Laufe des Juli zur Reife, und ich war darauf angewiesen, in dieser Zeit möglichst viel Material zu sammeln. Die Sporen sind meist kugeltetraedrisch, und zwar so, daß die drei Flächen, in denen jede der vier Sporen die anderen drei berührt, einen kleinen Teil der Sporenoberfläche bilden, während die gewölbte Seite den größten Teil der Oberfläche einnimmt (Taf. III, Figg. 1 d, 2 d). Manchmal fand ich auch

viertelapfelförmige Sporen. Die Sporen sind gelb, zeigen ein dünnes, mit feinen Wärzchen ausgestaltetes Exospor, und ein sehr dünnes Endospor. Der Zellinhalt besteht aus Zytoplasma, Kern, einigen Plastiden und einem bis mehreren auffallenden Öltropfen (Taf. III, Fig. 3 d).

Die Keimung kann sofort nach der Aussaat damit beginnen, daß sich die Spore, die vor der Keimung im Mittel einen kurzen Durchmesser von 8,6 μ und einen langen von 12,2 μ besaß, auf einen Durchmesser von ungefähr 25 μ vergrößert, wobei sie kugelförmig wird und die Öltropfen in dem Maße verschwinden, wie sich die Chloroplasten vermehren. Dabei ist das Exospor stark gedehnt und von dem ersten Rhizoid durchbrochen worden, das frühestens am 4. bis 5. Tag nach der Aussaat erscheint (Taf. III, Fig. 4 d). Wenig später hat sich das dem Rhizoidursprung entgegengesetzte Ende der Spore stark vorgewölbt und sehr bald das Exospor gesprengt, das meist noch kurze Zeit in einigen Fetzen dem Endospor anhaftet (Taf. III, Fig. 5 d). Die Keimzeit, d. h. die Zeit bis zum Auftreten des ersten Rhizoids und bis zur Bildung eines Keimschlauchs, kann bei schwacher Beleuchtung und ungeeignetem Nährboden bis auf 12—15 Tage steigen. Auch insofern habe ich vereinzelte Abweichungen beobachtet, als nicht immer ein Rhizoid vor dem Keimschlauch erscheint. In diesem Falle bildet wohl in der Regel die Spore überhaupt kein Rhizoid, sondern erst die erste Keimschlauchzelle.

b) Thallusentwicklung.

1. Schilderung der Entwicklung mehrerer Keimlinge.

Der Übersicht wegen schicke ich jedem Entwicklungsgang eine Tabelle voraus, aus der Tag und Stunde der Aufnahme und das Alter der Keimlinge entnommen werden können.

Marchantia polymorpha L. Taf. III, Figg. 1 a bis 14 a.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1 a	15. 1. 29	11^{00}	6
2 a	16. 1. 29	20^{00}	7
3 a	17. 1. 29	16^{00}	8
4 a	18. 1. 29	11^{00}	9
5 a	18. 1. 29	19^{00}	9
6 a	20. 1. 29	11^{00}	11
7 a	21. 1. 29	12^{00}	12
8 a	22. 1. 29	11^{30}	13
9 a	24. 1. 29	12^{00}	15
10 a	25. 1. 29	11^{00}	16
11 a	26. 1. 29	18^{00}	17
12 a	27. 1. 29	12^{30}	18
13 a	28. 1. 29	12^{00}	19
14 a	30. 1. 29	16^{00}	21

Als erste Entwicklungsreihe (Taf. III, Figg. 1 a bis 14 a) soll die eines Keimlings besprochen werden, dessen Scheitelzelle ganz regelmäßig sieben Segmente abwechselnd nach rechts und links abgeschnitten hat und dann regelmäßig aufgeteilt ist. In Fig. 1 a besteht der Keimling aus drei Zellen, worunter sich ein Rhizoid befindet. Die drei Zellen vergrößern sich zunächst (Fig. 2 a), besonders die vordere und die mittlere, die sich in der Quere teilen. In Fig. 3 a erscheint die in Fig. 2 a vordere Zelle quergeteilt und ihre Deszendenten sind längsgeteilt, so daß an ihre Stelle vier Zellen getreten sind. In der rechten vorderen Zelle tritt nun eine Wand auf, mit der die Bildung einer zweischneidigen Scheitelzelle eingeleitet ist (Fig. 4 a), die von jetzt ab in regelmäßigem Wechsel nach rechts und links fünf Segmente liefert, die in allen Figuren (Figg. 4 a bis 14 a) leicht aufzufinden und als III. bis VII. Segment bezeichnet sind. Nach Entstehung des VII. Segments wird die Scheitelzelle durch eine Perikline aufgeteilt (Fig. 10 a). Die Weiterentwicklung ihrer beiden Tochterzellen ist in den Figg. 11 a bis 14 a leicht abzulesen. Das aus ihnen entstehende Areal liegt rechts von der Scheitelbucht, die aus Zellen des VII. Segmentes hervorgeht.

Dieser Gesamtbeschreibung in großen Zügen lasse ich eine Schilderung der Entwicklungsgeschichte der Segmente in der Reihe ihrer Bezifferung in den Figuren 1 a bis 14 a folgen. Höchst einfach verhält sich Segment I in Fig. 3 a. Es wird nach Vergrößerung quer geteilt (Fig. 6 a). Seine Deszendenten vergrößern sich, bis im Stadium der Fig. 14 a eine zweite Wand auftritt, die die hintere der beiden oben erwähnten Zellen der Länge nach zerlegt. Segment II (Fig. 4 a) wird nach Wachstum halbiert (Fig. 5 a). Die Hälften wachsen und werden abermals halbiert, zuerst die hintere Zelle (Fig. 6 a) und dann die vordere (Fig. 7 a). Erst nach längerer Zeit teilt sich die zweithinterste Zelle längs zur Richtung des Segmentes, so daß die Gesamtzahl seiner Zellen fünf beträgt (Fig. 13 a). Segment III (Fig. 5 a) wird zuerst periklin und die äußere der beiden Tochterzellen darauf antiklin geteilt (Fig. 6 a). Die vordere Außenzelle erfährt antikline (Fig. 7 a), die hintere perikline Teilung (Fig. 8 a). Von den fünf Zellen erfahren die zwei vorderen Außenzellen perikline Teilungen, während die Innenzelle sich antiklin teilt (Fig. 9 a, Fig. 12 a). Die Gesamtzahl der Zellen beläuft sich schließlich auf acht. Segment IV, zum erstenmal zu erkennen in Fig. 5 a, wird zuerst periklin und dann antiklin geteilt. Die äußeren Abkömmlinge teilen sich regelmäßig peri- und antiklin weiter, die vorderen von ihnen etwas schneller als die hinteren (Figg. 9 a, 10 a, 11 a). Nach Teilung der Innenzelle (Fig. 9 a) und einer weiteren Teilung (Fig. 14 a), beträgt die

Gesamtzahl der Zellen 12. Segment V tritt erstmalig in Fig. 7 a auf und wird in Fig. 8 a durch eine Perikline zerlegt. Die Innenzelle erfährt einmalige Längsteilung, während die Außenzelle durch Antiklinen in drei Zellen zerlegt wird, so daß das Segment in Fig. 9 a aus fünf Zellen besteht. Darauf sind die drei Außenzellen sämtlich quer und die vorderste der neu entstandenen Außenzellen ist darnach längs geteilt worden. Die rechte der beiden Innenzellen hat Querteilung erfahren (Fig. 10 a). Das Segment besitzt demnach vier Randzellen, von denen die hintere ungeteilt bleibt, während die anstoßende Randzelle längs geteilt wird (Fig. 11 a). Die dritte Randzelle, die sich an die eben beschriebene nach vorn anschließt (Fig. 11 a), ist quer geteilt, die äußere Tochterzelle längs geteilt worden und die vierte, vorderste der Randzellen hat Querteilung erfahren. Gleichzeitig ist auch die an die dritte und vierte Randzelle nach innen grenzende Zelle des Segments durch zwei Wände in drei Zellen zerlegt worden, so daß das Segment V in Fig. 11 a aus 16 Zellen besteht, von denen sechs den Rand bilden. Von diesen sechs Randzellen wird die vorderste längs, ihre beiden Deszendenten werden quer geteilt. Die beiden links folgenden Zellen erfahren Querteilung, dann wird eine der Randzellen längs geteilt, während die übrigen Randzellen unverändert bleiben (Fig. 12 a). In Fig. 13 a ist eine vordere Innenzelle quer geteilt worden, und daraufhin hat sich die obere Tochterzelle wieder quer geteilt (Fig. 14 a). Bei Zählung von hinten nach vorn hat von den acht Randzellen in Fig. 13 a in Fig. 14 a die zweite eine, die dritte zwei Längsteilungen erfahren, die vierte, fünfte und sechste, wie auch die innen folgenden Zellen dieser Randpartie (in Figg. 13 a und 14 a mit o,o bezeichnet) zeigen eine schwache Verkleinerung und teilweise beträchtliche Umformung, die durch die im Nährboden stark wuchernden Pilze veranlaßt wurde, die es mir unmöglich machten, den Keimling weiterhin zu beobachten (Fig. 14 a). Die achte Randzelle (Fig. 13 a) ist erst längs, die linke Tochterzelle längs, die rechte quer und ihre beiden Deszendenten längs geteilt worden. Außerdem ist eine vordere Innenzelle durch zweimalige Teilung in drei Zellen zerlegt worden, so daß Segment V schließlich aus 39 Zellen besteht. In Fig. 8 a finden wir zum erstenmal Segment VI, daß in Fig. 9 a erst quer geteilt worden ist, worauf die Randzelle Längsteilung und der rechte der beiden Abkömmlinge Querteilung erfahren haben. Dann ist auch eine antikline Teilung in der linken Tochterzelle aufgetreten und die innerste Randzelle hat eine Quer- und die äußerste eine Längswand gebildet, so daß das Segment in Fig. 10 a aus sieben Zellen besteht. Es folgen regelmäßig Längs- auf Querwände in den der Scheitelzelle

zugekehrten Randpartien, und auch einige Innenzellen haben Querteilung erfahren (Fig. 11 a, Fig. 12 a). Schließlich wird noch die zweithinterste Randzelle antiklin geteilt, so daß Segment VI aus 16 Zellen besteht (Fig. 14 a). Segment VII finden wir von Fig. 9 a ab. Die erste Teilung verläuft periklin (Fig. 10 a), worauf die Randzelle längs geteilt wird (Fig. 11 a). In Fig. 12 a haben die beiden Randzellen sich quer geteilt, so daß vier Zellen entstanden sind, von denen die zwei inneren wiederum quer geteilt wurden; die linke Randzelle hat eine Antikline gebildet. Das Segment besitzt drei Randzellen. Weiterhin sind die beiden linken Randzellen quer und dann die äußere der beiden in ihrer Randzelle längs geteilt worden (Fig. 13 a). Das Segment besitzt jetzt vier Randzellen, von denen, wenn wir von links nach rechts gehen, die erste zwei Querwände hintereinander, die zweite eine Querwand gebildet hat. Zelle 3 ist antiklin geteilt und Zelle 4 durch Längswände in drei Zellen zerlegt worden, von denen sich die äußerste quer geteilt hat. Außerdem sind in einigen Innenzellen vorwiegend Längswände aufgetreten, so daß das Segment zum Schluß aus 23 Zellen besteht (Fig. 14 a). Betrachten wir endlich die Scheitelzelle. Sie ist, nachdem sie in Fig. 9 a Segment VII abgeschnitten hat, in Fig. 10 a quer geteilt worden und hat damit ihre Tätigkeit als zweischneidige Scheitelzelle eingestellt. Sie wird in den folgenden Figuren (11 a—14 a) genau wie ein Segment aufgeteilt und ist bald nicht mehr als Scheitelzelle kenntlich. Es wechselt regelmäßig die Bildung von Antiklinen mit Periklinen in den Randzellen ab, wobei der dem Segment VI zugekehrte Teil vorauseilt (Figg. 11 a, 12 a). In Fig. 13 a ist die Aufteilung der ganzen Randzone gleichmäßig geworden, und in Fig. 14 a eilt nun der vordere Teil des Randes im Wachstum voraus. Drei von den vier in Fig. 13 a vorhandenen Randzellen haben sich geteilt, die vorderste sogar in drei Randzellen, so daß die aufgeteilte Scheitelzelle sieben Randzellen besitzt. Auch im Innern sind mehrere Teilungen erfolgt und die einstige Scheitelzelle besteht jetzt aus 23 Zellen (Fig. 14 a).

Um von der Mannigfaltigkeit der Keimungsvorgänge einen Begriff zu geben, möchte ich im Anschluß an den behandelten zwei kurze Entwicklungsreihen besprechen, die zugleich erläutern werden, was Miss O'Hanlon meint, wenn sie von einer Launenhaftigkeit der Keimpflanzen spricht.

Der erste Entwicklungsgang ist in den Figg. 1 b bis 9 b festgehalten. Er betrifft das einzige Objekt, das aus einer Kultur mit A. Meyerscher Nährlösung stammt, während alle anderen Keimlinge,

Marchantia polymorpha L. Taf. III, Figg. 1 b bis 9 b.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1 b	9. 2. 1928	16^{00}	11
2 b	11. 2. 1928	17^{30}	13
3 b	13. 2. 1928	19^{00}	15
4 b	15. 2. 1928	12^{00}	17
5 b	17. 2. 1928	12^{30}	19
6 b	20. 2. 1928	13^{00}	22
7 b	22. 2. 1928	12^{30}	24
8 b	23. 2. 1928	18^{00}	25
9 b	27. 2. 1928	12^{00}	29

die ich hier beschreibe, auf Knopscher Nährlösung gewachsen sind. Die beobachtete Wachstumsunregelmäßigkeit schreibe ich u. a. der für Marchantia scheinbar zu hohen Salzkonzentration der Meyerschen Lösung zu. Auffallend ist auch die lange Keimzeit. Daran ist nicht nur die an sich schon niedrige Lichtintensität im Januar und Februar schuld, sondern es muß ausdrücklich gesagt werden, daß die Kulturen an einem der Nordfenster das Arbeitszimmers standen und deshalb besonders wenig Licht erhielten.

Die Figg. 1 b bis 6 b zeigen den Keimling im Fadenstadium. Während sich die Zellen in Fig. 2 b aufeinandertürmen, streckt sich der Faden in den folgenden auf dem Substrat aus. Wir sehen schon früh drei Rhizoiden gebildet, die alle am hinteren Ende entspringen (Fig. 6 b). Mit Fig. 7 b hat das Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle begonnen. Wir stellen fünf Segmente fest, von denen die ersten vier regelmäßig nach rechts und links abgeschnitten wurden, während Segment V über Segment IV liegt und damit die Regel durchbricht. In Fig. 9 b hat die Scheitelzelle, nachdem sie links Segment V abgeschnitten hat, rechts Segment VI gebildet und ist damit zum regelmäßigen Wachstum zurückgekehrt. Die Teilungsweise der Segmente II bis VI kann an den Figg. 8 b und 9 b ohne Schwierigkeit abgelesen werden.

Marchantia polymorpha L. Taf. III, Figg. 1 c bis 7 c.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1 c	25. 9. 1928	18^{00}	5
2 c	27. 9. 1928	18^{00}	7
3 c	28. 9. 1928	18^{00}	8
4 c	29. 9. 1928	17^{00}	9
5 c	30. 9. 1928	12^{30}	10
6 c	1. 10. 1928	12^{30}	11
7 c	2. 10. 1928	10^{00}	12

Der zweite Fall soll das Beispiel einer Keimung darstellen, bei der der Keimschlauch kurz und die Endzelle des Keimlings stark flächenförmig ausgebreitet ist.

Der erst wenigzellige Keimling beginnt in Fig. 3c mit dem Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle. Die Figg. 4c bis 6c lassen vier in regelmäßiger Folge gebildete Segmente erkennen. In Fig. 7c ist noch ein letztes V. Segment hinzugekommen. Aus der Gestalt des Thallus kann man schließen, daß die Scheitelbucht von Randzellen des III. Segmentes gebildet wird, was ich bei meinen weiteren Beobachtungen bestätigt fand, die nichts Wesentliches mehr dem Entwicklungsgang hinzufügten, da mit Fig. 7c das Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle erloschen war. Da die Zahl der Teilungen innerhalb der Segmente klein ist, so kann die Entstehungsfolge der Zellen unschwer den Figuren entnommen werden.

Im folgenden will ich einige Entwicklungsgänge beschreiben, die dartun sollen, daß häufig bei Marchantia polymorpha eine Abdrängung der Scheitelzelle erfolgt, d. h. daß die Scheitelzelle zur Zeit ihrer Aufteilung nicht mitten in der Scheitelbucht liegt, sondern schon zur Seite gedrängt ist, während sie noch Segmente abschneidet. Eines von diesen läßt dann die Scheitelbucht hervorgehen, worauf bald der Keimling Herzform annimmt.

Als erstes Beispiel für diesen überaus häufigen Fall betrachten wir den durch Figg. 1e bis 11e dargestellten Keimling. Er zeigt regelmäßige Bildung von sechs Segmenten durch eine zweischneidige Scheitelzelle an der Spitze (Figg. 3e bis 7e). In Fig. 8e wird die Scheitelzelle aus der Symmetrieachse nach rechts abgedrängt (Bildung von Segment VII), die linke Thallusflanke (Segment III und V) entwickelt

Marchantia polymorpha L. Taf. III, Figg. 1e bis 11e.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in
1e	25. 9. 1928	18^{00}	5
2e	27. 9. 1928	18^{00}	7
3e	28. 9. 1928	18^{00}	8
4e	29. 9. 1928	18^{00}	9
5e	30. 9. 1928	12^{00}	10
6e	1. 10. 1928	12^{30}	11
7e	2. 10. 1928	11^{00}	12
8e	3. 10. 1928	11^{00}	13
9e	4. 10. 1928	12^{30}	14
10e	5. 10. 1928	11^{30}	15
11e	6. 10. 1928	11^{00}	16

sich von nun ab stark. Die Scheitelzelle bildet noch ein VIII. Segment (Fig. 9e) und geht dann in Dauergewebe über, während sich aus den Randzellen von Segment III und V allmählich die Scheitelbucht bildet.

Auf die kurze Übersicht soll die Beschreibung der Entwicklung der einzelnen Segmente folgen. Wir finden Segment I erstmalig in Fig. 3e. Es wird in vier Zellen zerlegt (Figg. 4e bis 6e). Eine letzte Wand tritt in Fig. 10e in der zweitvordersten Zelle auf, so daß das Segment am Ende aus fünf Zellen besteht. Auf Segment II stoßen wir zuerst in Fig. 4e und finden in ihm eine erste schräge Wand in Fig. 5e. Dann teilt sich die Innenzelle längs (Fig. 6e), daraufhin die Außenzelle antiklin. Damit ist die Zellteilung in diesem Segment, das vierzellig bleibt, abgeschlossen. In Segment III, das zum erstenmal in Fig. 4e auftritt, findet eine Querteilung statt (Fig. 5e), dann wird die Außenzelle antiklin geteilt (Fig. 6e). Die Innenzelle ist darauf in drei Zellen geteilt worden, von den beiden Randzellen hat die hintere eine schräge Wand gebildet, während die vordere Längsteilung und ihre Deszendenten Quer- und Längsteilung erfahren haben (Figg. 7e, 8e). Die Teilungen gehen in der vorderen Randpartie regelmäßig weiter; das Segment besitzt in Fig. 9e neun Randzellen. Durch Teilung der beiden vordersten bilden in Fig. 10e elf Zellen den Rand. In Fig. 11e setzt ganz stürmische Zellteilung ein, so daß z. B. aus der vordersten Randzelle durch Längs- und Querteilungen acht Zellen entstanden sind und sich auch in den nach hinten anschließenden Randzellen eine starke Bildung von Längswänden zeigt, so daß 25 Zellen an der Randbildung beteiligt sind und Segment III aus 46 Zellen besteht. Segment IV ist in Figg. 5e und 6e einzellig, dann wird es quer und die Außen- und Innenzelle längs geteilt (Fig. 7e). Auf diesem Vierzellstadium bleibt es stehen. Segment V tritt uns zum erstenmal in Fig. 6e entgegen. Es wird quer, seine Außenzellen längs geteilt (Fig. 7e), dann entstehen in der Innenzelle zwei Wände und die hintere Randzelle bildet eine Antikline, so daß das Segment in Fig. 8e sechszellig ist. In der Folge tritt in den hinteren Randzellen vorwiegend Quer-, in den vorderen Längsteilung auf, auch die Innenzellen haben Teilungen erfahren (Fig. 9e). In Fig. 10e bilden 11 Zellen des Segmentes den Thallusrand. Die an Segment VII anstoßenden Zellen haben sich vergrößert und wölben den Rand vor, während die dem Segment III benachbarten Zellen in einer flachen Bucht liegen. In diesem Teil sind in Fig. 11e noch einige Teilungen erfolgt, während im übrigen Zellvergrößerung stattgefunden hat. Das Segment besitzt zum Schluß 29 Zellen. In Fig. 7e finden wir Segment VI neu gebildet. Es legt

nacheinander drei Querwände an und teilt seine innerste Zelle längs (Figg. 8e, 9e). Mit der Bildung der fünf Zellen ist sein Wachstum erloschen. Segment VII tritt in Fig. 8e auf, ist in Fig. 9e quer und in Fig. 10e ist seine Außenzelle längs geteilt. Aus drei Zellen besteht es noch am Ende unserer Entwicklungsreihe. Endlich hat die Scheitelzelle in Fig. 9e noch Segment VIII abgeschnitten, das einzellig bleibt (Figg. 10e, 11e). Auch die Scheitelzelle ist in Dauergewebe übergegangen, ohne sich zu teilen.

Marchantia polymorpha L. Taf. III, Figg. 1f bis 15f.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1f	8. 10. 1928	19^{00}	4
2f	9. 10. 1928	20^{00}	5
3f	10. 10. 1928	17^{00}	6
4f	11. 10. 1928	17^{00}	7
5f	12. 10. 1928		8
6f	13. 10. 1928		9
7f	15. 10. 1928		11
8f	16. 10. 1928		12
9f	17. 10. 1928	12^{00}	13
10f	18. 10. 1928	10^{00}	14
11f	19. 10. 1928	11^{00}	15
12f	20. 10 1928	16^{00}	16
13f	22. 10. 1928	16^{00}	18
14f	24. 10. 1928	17^{00}	20
15f	25. 10. 1928	12^{00}	21

Als zweites Beispiel für Abdrängung der Scheitelzelle sei die Keimung einer Spore beschrieben, wie sie den Figg. 1f bis 15f der Taf. III entspricht. Fig. 3f bietet insofern etwas Besonderes, als nicht sofort Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle einsetzt, nachdem auf die letzte Querwand eine Längswand in der Spitzenzelle gefolgt ist. In Fig. 4f sehen wir, daß die rechte der beiden Spitzenzellen in der Tiefe verschwindet, während in der linken wieder eine Längswand sich gebildet hat, womit das Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle eingeleitet ist. Es sind zwei Segmente gebildet worden. In Fig. 6f hat die Scheitelzelle ihr letztes, fünftes Segment abgeschnitten. Die weitere Entwicklung bringt ihre Aufteilung, Abdrängung nach links und Ausbildung der Scheitelbucht im Segment IV mit sich.

Gehen wir nun zur Beschreibung der Entwicklung der einzelnen Segmente über. Segment I tritt zum erstenmal in Fig. 4f auf und ist bereits quer geteilt. Die zweite Wand hat die hintere Zelle (Fig. 5f), die dritte die vordere Zelle längs geteilt (Fig. 6f). In Fig. 8f ist die mittlere Randzelle zum Rhizoid ausgewachsen, das durch eine Querwand

abgeschnitten wird. Erst in Fig. 14 f hat die Innenzelle, nachdem der Komplex sich vergrößert hat, eine Querwand eingeschoben, so daß das Segment insgesamt aus sechs Zellen besteht. Segment II finden wir in Fig. 4 f neu gebildet. Es ist durch eine erste Wand schräg geteilt, die beiden Deszendenten erfahren weitere Aufteilung, so daß das Segment in Fig. 5 f schon fünfzellig ist. Von den vier Randzellen teilt sich nur noch die vorderste erst quer (Fig. 6 f), die Außenzelle dann längs und von den beiden Abkömmlingen erfährt der vordere Querteilung (Fig. 7 f), und seine Außenzelle endlich Längsteilung (Fig. 9 f). Schließlich wächst noch in Fig. 12 f die hinterste Randzelle zum Rhizoid aus. Durch eine Querwand wird es von der Mutterzelle abgeschnitten. Segment II besitzt am Ende 10 Zellen. Auf Segment III stoßen wir in Fig. 5 f erstmalig. Es ist quergeteilt, seine Außenzelle in Fig. 6 f längsgeteilt worden. Von den beiden Außenzellen erfährt die linke schräge Aufteilung, die rechte teilt sich quer, dann längs (Fig. 7 f). Diese sechs Zellen vergrößern sich weiterhin und gehen in Dauergewebe über. Wir gehen zu Segment IV über, das in Fig. 5 f entstanden ist und in Fig. 6 f Querteilung erfahren hat. Regelmäßig teilen sich nun die Randzellen abwechselnd längs und quer (Fig. 7 f und Fig. 8 f). In Fig. 9 f bildet sich in den vorderen Randzellen eine kleine Bucht aus; durch Auftreten mehrerer Antiklinen ist die Zahl der Randzellen von vier auf sieben gestiegen (Fig. 9 f). Die Gesamtzellzahl beträgt 16. Die Bildung von Längs- und Querwänden geht neben der Vergrößerung der einzelnen Zellen rasch weiter, so daß sich das Segment dem Rande zu stark verbreitert (Fig. 10 f). Während bisher die Teilungen längs des Thallusrandes im Segment gleichmäßig auftraten, finden wir künftig beschleunigtes Wachstum in den Randzellen der Bucht, die jetzt besser ausgebildet ist und stellen fest, daß die hinteren Randzellen des Segmentes keine Teilungen mehr durchmachen. In Fig. 12 f sind die Zellen der Scheitelbucht sämtlich längs geteilt worden. Das Segment besteht schon aus 56 Zellen. Weiterhin nehmen die Randzellen des Segmentes in wachsendem Maße am Gesamtumfang des Thallus teil. Ein großer Teil der Zellen wird stark in der Längsrichtung gestreckt, besonders die hinteren Rand- und viele Innenzellen. Die Zellen, die die Scheitelbucht bilden, erscheinen bei der Beobachtung senkrecht von oben verkürzt, da der Thallus in dieser Region schräg abfällt. Ein Schleimhaar wächst in Fig. 14 f von der Ventralseite her in die Bucht hinein. Die Zahl der Zellen des Segmentes in Fig. 14 f und 15 f ist noch um ein Mehrfaches gestiegen, da Segment IV nun ausschließlich das teilungsfähige Gewebe besitzt und fernerhin das Wachstum des Thallus bedingt. In Fig. 6 f finden wir zum erstenmal

Segment V. Es erfährt nacheinander in Fig. 7 f zwei Querteilungen. In Fig. 9 f wird die äußere und mittlere Zelle längs geteilt, womit das Segment seine endgültige Zellzahl erreicht hat. Betrachten wir noch die Scheitelzeile, die in Fig. 6 f ihr letztes Segment abgegliedert hat, und in Fig. 7 f durch eine Querwand, auf die sich in der Außenzelle eine Längswand setzte, aufgeteilt wurde. Im folgenden sehen wir in den Randzellen in regelmäßigem Wechsel Längs- und Querwände auftreten, wobei die rechte Seite der linken vorauseilt. Die linke der ehemaligen beiden Randzellen (Fig. 7 f), wird nach Querteilung einmal längs geteilt und geht dann in Dauergewebe über, während aus der rechten in Fig. 10 f fünf, in Fig. 11 f sieben, in Fig. 12 f neun Randzellen hervorgegangen sind. Damit ist die Teilungsfähigkeit erschöpft. Die Gesamtzahl der Zellen beträgt 27.

Ehe ich zur Beschreibung der Entwicklungsgeschichte einer Marchantiaspore bis zum gegabelten Thallus komme, möchte ich noch die Schilderung einer anderen Entwicklungsreihe einschieben, die auch noch zu den unregelmäßigen gezählt werden muß. Sie ist dargestellt durch die 15 Figuren der Taf. IV.

Marchantia polymorpha L., Taf. IV, Figg. 1 bis 15.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1	25. 9. 28	16^{00}	5
2	27. 9. 28	17^{00}	7
3	28. 9. 28	16^{00}	8
4	29. 9. 28	13^{00}	9
5	1. 10. 28	14^{00}	11
6	2. 10. 28	11^{00}	12
7	3. 10. 28	9^{00}	13
8	4. 10. 28	10^{00}	14
9	5. 10. 28	11^{00}	15
10	6. 10. 28	12^{00}	16
11	7. 10. 28	10^{00}	17
12	8. 10. 28		18
13	9. 10. 28	10^{00}—12^{00}	19
14	11. 10. 28	9^{00}—12^{00}	21
15	13. 10. 28	9^{00}—13^{00}	23

Die Figg. 1 und 2 der Entwicklungsreihe stellen das Keimschlauchstadium dar, das damit seinen Abschluß findet, daß die Spitzenzelle längs geteilt wird. In Fig. 3 ist auf diese Längsteilung rechts eine Quer-, dann in der vorderen Zelle eine Längswand gefolgt; die linke Zelle ist ebenfalls quer, der hintere Deszendent längs geteilt worden. In diesem Stadium stellen wir bereits eine Scheitelzelle und zwei Segmente fest. In den Figg. 4, 5, 6 treten zu den vorhandenen Segmenten noch 5 in

regelmäßiger Folge hinzu. In Fig. 7 ist die Scheitelzelle aufgeteilt und von Fig. 10 ab in Dauergewebe übergegangen, wobei sie anfangs an der Bildung des Randes des rechten Thalluslappens Anteil hat (Figg. 10—12). Später wird sie allmählich immer weiter nach hinten abgedrängt. Die Bildung der Scheitelbucht wird von Segment IV und VI besorgt (Figg. 8, 9, 10). Später liegt sie in ausschließlich von Segment IV abstammenden Zellen. In Figg. 14 und 15 tritt Überschneidung der Thalluslappen vor der Scheitelbucht ein.

Es soll nun eine Beschreibung der sich entwickelnden Segmente im einzelnen folgen. Segment I besteht in Fig. 3 aus drei Zellen, von denen schon oben die Rede war. Die hintere Zelle hat in Fig. 4 eine Antikline gebildet und in Fig. 5 hat sich die linke vordere Zelle quer geteilt, während die rechte ein Rhizoid abgegliedert hat. Damit ist das Wachstum in diesem aus sechs Zellen bestehenden Segment erloschen. Auch Segment II haben wir in Fig. 3 als zweizellig oben beschrieben. Die Zellen vergrößern sich (Fig. 4), worauf sich die Innen- und die Außenzelle längs teilen. Von den beiden nun vorhandenen Randzellen erfährt die hintere schräge, dann Längsteilung, während die vordere quergeteilt wird (Fig. 5). Darauf ist die vorderste Randzelle längs, ihre Abkömmlinge sind quer geteilt worden (Fig. 6). Nachher haben diese Randzellen dreimal Längsteilung erfahren, so daß das Segment nunmehr aus 13 Zellen besteht, von denen die hinterste Randzelle im Begriff ist, ein Rhizoid zu bilden (Fig. 7). In der vordersten Randzelle tritt noch eine schräge Wand (Fig. 8), dann eine Querwand auf (Fig. 10) und die durch die Wand nach hinten abgeschnittene Zelle wächst in Fig. 14 zum Rhizoid aus, das durch eine Querwand von der Mutterzelle abgetrennt wird. Das Segment besteht am Schluß aus 16 Zellen. Segment III ist in Fig. 4 zum ersten Mal vertreten. Es erfährt Quer-, seine Außenzelle darnach Längsteilung (Fig. 5), worauf wieder die Randzellen abwechselnd quer und längs geteilt werden (Fig. 6). Die folgenden Figuren (7—11) lassen Wachstumsstillstand erkennen, bis in Fig. 12 eine Außenzelle ein Rhizoid bildet, das sich durch eine Querwand abgliedert. Damit ist das Segment, aus sieben Zellen bestehend, in Dauergewebe übergegangen. Wir verfolgen Segment IV, das in Fig. 5 erstmalig auftritt und schon aus einer großen und kleinen randbildenden Zelle besteht. Die große Zelle wird quergeteilt und, während die neuentstandene Innenzelle eine schräge Wand bildet, teilen sich die beiden Außenzellen quer, so daß das Segment sechszellig geworden ist (Fig. 6). In Fig. 7 sind die beiden innersten Zellen halbiert worden; aus der linken Randzelle sind drei, aus der rechten zwei Zellen durch Längsteilung entstanden. In allen

Randzellen treten nun Querwände auf, darauf folgen in vier von fünf Zellen Längswände, so daß neun Zellen den Rand bilden und das Segment jetzt 21 Zellen besitzt (Fig. 8). Künftig eilt die rechte Randpartie der linken in der Entwicklung voraus, da hier die Scheitelbucht im Entstehen begriffen ist und bald stellen die hinteren Randzellen des Segments Teilung und später auch das Wachstum ganz ein (Figg. 13, 14, 15). Das Segment besteht in Fig. 9 schon aus 43 Zellen und vergrößert sich in den folgenden Figuren gewaltig, da aus ihm fast der ganze Zuwachs bestritten wird, nachdem die Scheitelzelle ihre Tätigkeit eingestellt hat. Die Aufeinanderfolge der Wände läßt sich an den Figuren ablesen. Auch hier erscheinen die Zellen in der schräg abfallenden Scheitelbucht verkürzt. Außerdem kommt in unserem Fall noch die Überlagerung des linken über den rechten Thalluslappen hinzu, wodurch die Beobachtung der Scheitelregion allmählich ganz unmöglich wird. In der letzten Figur (15) erkennt man, daß fast die ganze linke Hälfte mit Einschluß der Scheitelbucht aus dem Segment IV hervorgegangen ist. Segment V ist in Fig. 5 neu gebildet und hat ganz regelmäßige Teilung in Fig. 6 erfahren, wo es aus einer Innenzelle und zwei Randzellen besteht. In Fig. 7 ist die vordere Randzelle quer geteilt worden und damit hat die Teilung der Segmentzellen schon ihr Ende erreicht. Stärker entwickelt hat sich Segment VI, das in Fig. 6 auftritt. In Fig. 7 sehen wir, daß nacheinander zwei Querwände gebildet wurden, dann ist die Außenzelle durch zwei schräge, senkrecht aufeinanderstehende Wände geteilt worden. In Fig. 8 ist die Randzelle längs geteilt worden und in verschiedenen Innenzellen sind Teilungen aufgetreten. Das Segment besitzt 10 Zellen. Auch in der nächsten Figur (9) bleibt die Aufteilung des Randes noch gering, während im Innern rege Vergrößerung und Zellteilung stattgefunden hat. In den folgenden Figuren beteiligt sich das Segment immer mehr an der Bildung des rechten Thalluslappens und verbreitert sich in seiner Randpartie stark. In Fig. 10 besitzt es 9, in Fig. 11 11, in Fig. 12 13 Randzellen. In den Figg. 14 und 15 bildet es vollständig den rechten Thalluslappen und ist im Begriff, in Dauergewebe überzugehen, da sich die Zahl der Randzellen von Fig. 14 nach Fig. 15 nicht mehr vermehrt hat, wenn auch jede Zelle noch gewachsen ist. Als letztes Segment bleibt VII übrig, das wir zum ersten Mal in Fig. 6 finden. Es besteht nach Längsteilung in Fig. 7 aus zwei Zellen, die sich weiterhin quer teilen, worauf die linke Randzelle eine Längsteilung vollzieht und das Segment fünfzellig wird (Fig. 8). Damit, daß sich die vorderste Randzelle quer teilt, ist auch schon die Zellteilung in diesem Segment abgeschlossen. Betrachten wir endlich die Scheitelzelle von

Fig. 6 ab, so ist sie in Fig. 7 durch Längsteilung dreizellig geworden. Dann hat die hintere Randzelle eine Querwand und ihr äußerer Abkömmling eine Längswand gebildet, so daß ihr Bereich aus fünf Zellen besteht (Fig. 8). In einer Randzelle tritt noch eine Querwand auf und eine Innenzelle wird geteilt (Fig. 9), dann teilt sich die vordere Randzelle längs (Fig. 10). Endlich hat noch in Fig. 15 die vorderste Randzelle eine Perikline gebildet, so daß schließlich neun Zellen vorhanden sind.

Marchantia polymorpha L. Taf. Va, Vb, Vc, Figg. 1 bis 22.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1	11. 10. 28		7
2	12. 10. 28		8
3	13. 10. 28		9
4	14. 10. 28		10
5	15. 10. 28	12^{00}	11
6	16. 10. 28	12^{00}	12
7	17. 10. 28	13^{00}	13
8	18. 10. 28	12^{00}	14
9	19. 10. 28	21^{00}	15
10	20. 10. 28	10^{00}	16
11	21. 10. 28	10^{00}	17
12	23. 10. 28	11^{00}	19
13	24. 10. 28	11^{00}	20
14	25. 10. 28	19^{00}	21
15	26. 10. 28	12^{00}	22
16	27. 10. 28	13^{00}	23
17	28. 10. 28	14^{00}	24
18	30. 10. 28	10^{00}—12^{00}	26
19	1. 11. 28	9^{00}—12^{00}	28
20	3. 11. 28	16^{00}—20^{00}	30
21	6. 11. 28	10^{00}—16^{00}	33
22	9. 11. 28	8^{00}—20^{00}	36

Die letzte Entwicklungsreihe eines Marchantiakeimlings aus der Spore soll die zu Anfang eingehend besprochene (Taf. III, Figg. 1a—14a) fortsetzen, da diese kurz nach der Aufteilung der Scheitelzelle abbrach. Wir haben auch hier einen Keimling vor uns, der ganz regelmäßig gewachsen ist. Leider fehlen die allerersten Entwicklungsstadien, doch macht die Analyse keine Schwierigkeit und wir erkennen in Fig. 1, daß der zehnzellige Keimling nach kurzem Fadenstadium zum Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle übergegangen ist und bereits drei Segmente gebildet hat. In den Figg. 2—6 werden regelmäßig weitere vier Segmente gebildet. Dann wird die Scheitelzelle in der Bucht aufgeteilt (Fig. 7). In der Folge gehen die Segmente bald in Dauergewebe über, mit Ausnahme von Segment VI, dessen Wachstum erst in Fig. 18 erschöpft ist, nachdem es bis dahin die linke Thallusflanke gebildet hat. Alles neu entstandene Gewebe geht bei diesem Keimling schließlich aus

der ehemaligen Scheitelzelle hervor. In Fig. 20 kommt eine Verbreiterung der Scheitelbucht zustande, aus der sich im weiteren Entwicklungsverlauf (Figg. 21, 22) ein Mittellappen vorschiebt, wodurch eine Gabelung des Thallus herbeigeführt wird. Durch intensives Wachstum erreicht der Mittellappen rasch die Gröβe der Seitenlappen.

Es soll nun die Beschreibung der Segmententwicklung im einzelnen folgen. Segment I, das in Figg. 1 und 2 einzellig ist, besteht in Fig. 3 aus drei Zellen, womit es seine Zellenhöchstzahl erreicht hat. Auch Segment II ist schon in Fig. 1 vorhanden. Es ist quer geteilt worden (Fig. 2) und geht, nachdem sich die beiden Zellen vergrößert haben, in Dauergewebe über. Eine bessere Entwicklung zeigt schon Segment III, das wir in Fig. 1 auch schon finden. Es ist antiklin geteilt worden (Fig. 2), worauf sich der vordere Deszendent längs, der hintere quer geteilt hat (Fig. 3). Nachdem das Segment aus vier Zellen besteht, bildet die vordere Randzelle eine Perikline. Als letzten Zuwachs müssen wir ein Rhizoid erwähnen, das aus der mittleren Randzelle entspringt, und durch eine Querwand abgeschnitten wird (Fig. 9), wodurch die Gesamtzahl der Zellen auf sechs erhöht wird. Wir gehen zu Segment IV über, das sich erstmalig in Fig. 2 findet, aus einer Innen- und einer Außenzelle bestehend. Die Außenzelle erfährt regelmäßig Längs- und Querteilungen (Figg. 3, 4, 5), wobei die vordere Randpartie in der Entwicklung vorauseilt (Fig. 6). Damit, daß die vorderste Randzelle antikline Teilung erfährt (Fig. 7), hört die Wandbildung in dem zehnzelligen Segment auf. Segment V ist in Fig. 2 neu gebildet worden, besitzt in Fig. 3 eine Innen- und zwei Randzellen und teilt dann auch die Innenzelle längs (Fig. 4). Dann werden Quer- und Längswände in den Randzellen gebildet (Figg. 5, 6, 7, 12), so daß das Segment endlich 12 Zellen besitzt. Segment VI finden wir zuerst in Fig. 4, wo es bereits Querteilung durchgemacht hat. In den folgenden Figuren (5, 6) teilt sich die Randzone regelmäßig auf. In Fig. 7 besteht das Segment, das vier Randzellen besitzt, schon aus 13 Zellen, da auch im Inneren Teilungen vollzogen wurden. In der Folge tritt eine starke Vermehrung der Randzellen ein und damit eine Verbreiterung nach außen. In Fig. 8 sind 7, in Fig. 9 10 und in Fig. 10 13 Randzellen vorhanden, doch wird durch Vergleichung dieser Figuren schon deutlich, daß nur noch die vorderen Randzellen Teilungen ausführen, da sie der nun wohl ausgebildeten Scheitelbucht nahe liegen (Figg. 8, 9, 10). Noch in Fig. 12 bildet das Segment den größten Teil des linken vorderen Thalluslappens. Es finden noch einige Zellteilungen vorwiegend in der Randzone statt (Figg. 12, 14). Von Fig. 15 ab besitzt das Segment 19 Randzellen, die

sich, wie auch sämtliche Innenzellen, vergrößern, ehe sie in Dauergewebe übergehen. Segment VII ist das letzte Segment. Es tritt in Fig 5 zuerst auf, erfährt Querteilung (Fig. 6) und seine Randzelle wird abermals periklin geteilt (Fig. 7). Die entstandene Randzelle wird hierauf längs geteilt. Der rechte Deszendent bildet eine Antikline (Fig. 8), der linke teilt sich quer, und die neu gebildete Randzelle längs, so daß sieben Zellen das Segment zusammensetzen (Fig. 9). In Fig. 19 treten nach langer Pause nochmals zwei Wände in Randzellen auf. Mit der Bilduug von neun Zellen hört das Wachstum in Segment VII auf (Figg. 19—22). Betrachten wir schließlich die Weiterentwicklung der Scheitelzelle genauer. Sie hat sich, nachdem sie ihr Segment abgeschnitten hat (Fig. 5), vergrößert (Fig. 6) und ist durch eine Antikline aufgeteilt worden (Fig. 7). In beiden Deszendenten sind Querwände entstanden, die rechte der dadurch gebildeten Außenzellen ist antiklin geteilt worden, so daß fünf Zellen ihre Stelle einnehmen (Fig. 7), von denen die drei Randzellen genau die Scheitelbucht bilden. In der Folge eilt die rechte Randzone der linken voraus und trägt in Figg. 9 und 10 schon wesentlich zur Bildung des rechten Lappens bei. In Fig. 9 finden wir schon sieben Randzellen, von denen die drei rechtsliegenden nicht mehr der Scheitelbucht angehören. Der einstigen Scheitelzelle entspricht jetzt ein Komplex von 18 Zellen. Die weitere Aufteilung kann an Hand von Figg. 10 und 11 abgelesen werden. Die Zellen der Scheitelbucht zeigen sich in Fig. 11 schon stark verkürzt. Besonders in der linken, zusammengedrängten Randpartie wird die Beobachtung schwierig. Die Scheitelbucht erweitert sich jetzt und ein Schleimhaar wird in Fig. 12 sichtbar. In dieser Figur sind 20 Randzellen vorhanden, von denen die dem Segment VII benachbarten keine Teilungen mehr ausführen. Um so energischer geht das Wachstum in der Scheitelregion weiter, vor allem in der Längs-, zugleich aber auch in der Querrichtung, so daß in Fig. 13 28 Randzellen vorhanden sind. Mit Fig. 14 setzt nun auch in der linken Randpartie starkes Wachstum ein, was zur Folge hat, daß die Scheitelbucht tief eingesenkt erscheint. Die ehemalige Scheitelzelle besitzt in ihrem hintersten, zugespitzten Teil vollständig ausgewachsene, in der Längsrichtung stark gestreckte Zellen, die allmählich, je näher wir der Scheitelbucht kommen, in das teilungsfähige, kleinzellige Gewebe übergehen. Auch die folgenden Figuren (15, 16) lassen ein beschleunigtes Wachstum der links von der Scheitelbucht befindlichen Randpartie erkennen. In Fig. 17 möchte ich besonders auf zwei Zellen in der Nähe der Scheitelbucht hinweisen, von denen die auf der linken Flanke liegende schon in Figg. 15 und 16 vorhanden ist und mit x bezeichnet wurde,

während die rechts der Scheitelbucht befindliche Zelle (y) zum erstenmal in Fig. 17 auftritt. Die folgenden Figuren lassen erkennen, daß diese Zellen dadurch, daß sie die ursprüngliche Größe behalten, das sie rings umgebende Gewebe verzerren. Sie fallen nicht nur durch ihre Kleinheit (Figg. 21, 22) auf, sondern auch durch ihren braungelben Inhalt, der nach Untersuchungen von Miss O. Hanlon aus ätherischem Öl besteht (siehe Botanical Gazette LXXXII, 2, plate XV, Fig. 13). In den letzten Figuren der Entwicklungsreihe sind eine ganze Anzahl dieser Zellen vorhanden. Ich habe nur die zuerst entstandenen herausgegriffen. An Thalli von der in Fig. 22 dargestellten Größe ist noch keine Spur von Luftkammerbildung zu beobachten. Erst nachdem der Thallus die zwei- bis dreifache Größe gewonnen hat, bilden sich unter der Scheitelbucht die ersten Kammern aus. Sie treten zuerst vereinzelt auf und erzeugen daher noch nicht die Felderung, die dadurch zustande kommt, daß Luftkammer an Luftkammer stößt, und die den älteren Thallus auszeichnet. Zuerst sind die Luftkammern viel kleiner als im erwachsenen Thallus, meist in der Längsrichtung des Thallus gestreckt und lassen größere, ungekammerte Zellkomplexe zwischen sich. Von den zahlreichen Rhizoiden, die der Thallus auf der Unterseite ausbildet und die ihn fest mit dem Substrat verwurzeln, ist bei der Beobachtung senkrecht von oben nichts zu sehen. Es sind auch in den letzten Stadien unseres Entwicklungsganges nur glatte Rhizoiden vorhanden. Die mit Zäpfchen ausgestalteten treten erst auf, wenn der Thallus den höchsten Grad von Differenzierung erreicht, dessen er überhaupt fähig ist. Über die Figg. 17, 18 und 19 ist wenig hinzuzufügen, da die Zellfolge aus den Zeichnungen abgelesen werden kann. In der Scheitelbucht liegen jetzt zwei Schleimhaare. Die Bucht hat sich von Fig. 19 nach Fig. 20 auf das Doppelte verbreitert und läßt schon die Bildung eines Mittellappens erkennen, der in Fig. 21 ganz deutlich wird. In der letzten Fig. (22) hat sich der Mittellappen ebensoweit vorgeschoben, wie die Seitenlappen. In beiden Scheitelbuchten werden Schleimhaare sichtbar. Der Anteil der von den sieben Segmenten abstammenden Zellen am Thallus tritt in den letzten Figuren immer mehr zurück. Selbst Segment VI ist weit von der Scheitelbucht entfernt.

Ich möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, welch unbrauchbare Resultate bei dem Versuch, einen älteren Thallus zu analysieren, erzielt würden. Daß eine nachträgliche Analyse der Wachstumsvorgänge älterer Thalli von Marchantia an denjenigen Objekten nicht möglich ist, bei denen die Scheitelzelle früh abgedrängt wird, ergibt sich ohne weiteres aus den Figg. 11e und 15f der Taf. III und aus Fig. 15 der Taf. IV. Aber auch

die Keimlinge, deren Segmente ganz regelmäßig gebildet werden und deren Scheitelzelle in der Scheitelbucht aufgeteilt wird, lassen sich schon in frühen Stadien nicht mehr einwandfrei analysieren, da die Phase, in der die Scheitelzelle sich nach Abscheidung ihres letzten Segments aufteilt, nachträglich kaum richtig erkannt werden kann (Fig. 14a, Taf. III und Fig. 12a, Taf. Va). Ganz unmöglich wird das Analysieren des Thallus in den Stadien der Figg. 20—22 der Taf. Vb und Vc. Wenn man nicht die Bildung der Segmente aus der Scheitelzelle von Marchantia und ihre Aufteilung unmittelbar verfolgt, kann man keine brauchbare Analyse erzielen.

2. Wanderung der Randpunkte des Thallus.

Um einen besseren Einblick in die Wachstumsverhältnisse des Marchantiathallus zu bekommen, habe ich die Bahnen der Randpunkte, wie Döpp in seiner Arbeit über Polypodiaceenprothallien (1927), an einer Entwicklungsreihe verfolgt. Ich wählte die in Taf. III Figg. 1a bis 14a abgebildete, wobei ich die ersten Stadien wegließ und andererseits ein oben nicht abgebildetes Stadium in die Reihe einschob. Indem ich mit der größten Zeichnung anfing, legte ich immer die nächstkleinere so auf die größere, daß die Bilder der ältesten Thalluszellen genau zur Deckung kamen. Nachdem die Zeichnungen so befestigt worden waren, daß sich die einzelnen Blätter nicht mehr gegeneinander verschieben konnten, wurden auf einen darübergelegten Bogen Pauspapier die Umrisse aller Zeichnungen übertragen. So entstand die Fig. 1. Je näher wir dem basalen Ende des Thallus kommen, desto besser decken sich die Bilder, und da später auch das Breitenwachstum ganz gering ist, so haben verschiedene der Figuren annähernd denselben Querdurchmesser. Das Hauptwachstum findet in der Längsrichtung statt. Ich habe die Randpunkte der Hauptsegmentwände von einer Figur zur anderen gehend aufgesucht und mit Hilfe der zusammengehörigen Punkte Kurven konstruiert, die mit dicker, kontinuierlicher Linie in die Figur eingetragen sind und mit 1—7 bezeichnet wurden. Wenn man von kleinen Verbiegungen der Kurven absieht, kann man deutlich feststellen, daß sich die Punkte anfangs fast nur vorwärts schieben und erst nachher immer stärker nach rechts bzw. links abgedrängt werden. So kommt das fächerförmige Auseinanderspreizen der Kurven zustande. Zwischen die Kurven, die die Randpunkte der Hauptsegmentwände verbinden, habe ich noch andere, willkürlich ausgewählte Bahnkurven eingeschoben. Die Signatur - - - ist für die Verbindungslinie der Randpunkt der ersten Antikline innerhalb eines Segments gewählt worden. Entsprechend ist die Kurve der Rand-

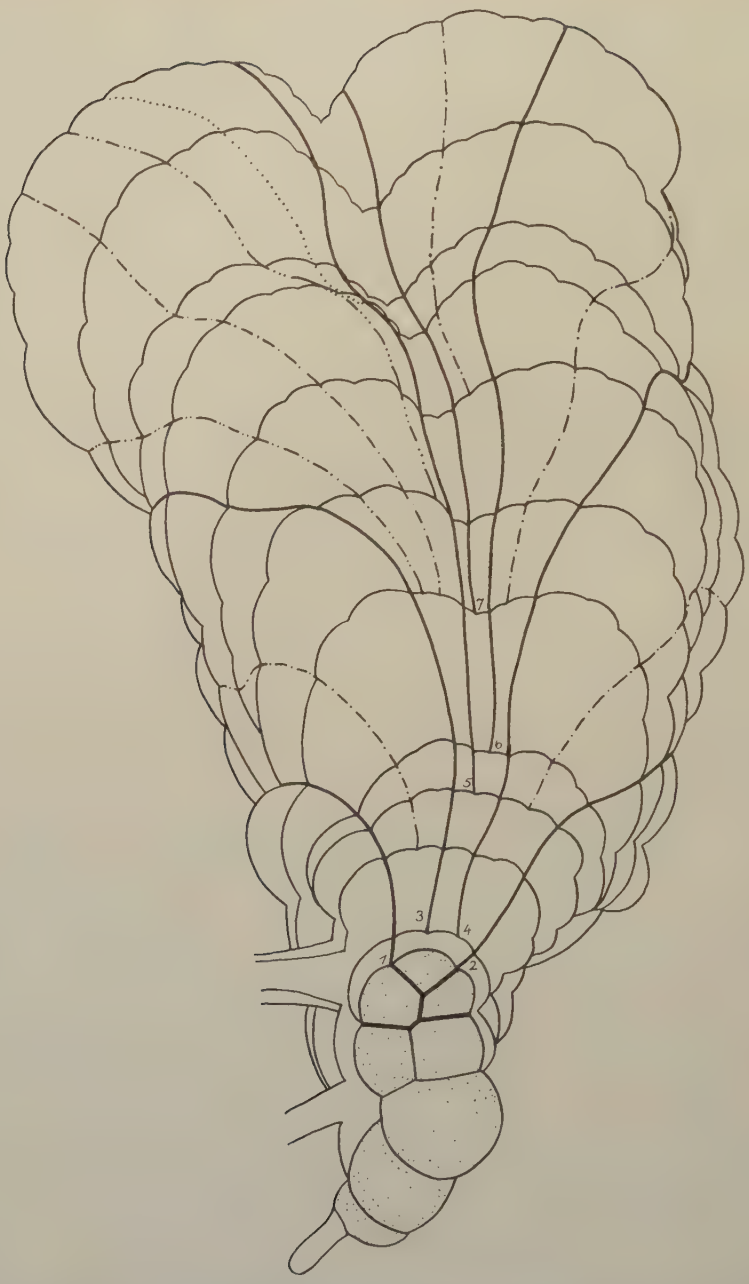

Fig. 1. Marchantia polymorpha L. Wanderung der Randpunkte eines Keimlings. Vergr. 355 mal.

punkte der zweiten Antikline innerhalb eines Segments mit ·····, der dritten Antikline mit ····· und der fünften Antikline mit ····· bezeichnet worden.

3. Zellbau und Zelldifferenzierung.

Die Zellen junger Marchantiathalli zeigen Differenzierung in Assimilationszellen und Rhizoiden. Die Assimilationszellen besitzen eine große Zahl von Chloroplasten. Ihr Cytoplasma ist auch im gefärbten Präparat schwer zu erkennen. Dagegen wird der Kern, der die Größe der Plastiden hat und einen großen Nukleolus besitzt, besonders in teilungsfähigen Zellen gut sichtbar. In den Rhizoiden erkennt man nur in den ersten Stadien einige Chloroplasten, die sich rasch in Leukoplasten umwandeln, eine große Vakuole, einen feinen Cytoplasmabelag auf der Innenseite der Membran und einen Kern, der an der Spitze liegt, wo allein Wachstum stattfindet.

Am älteren Thallus (Fig. 22, Taf. Vc) haben wir schon auf die kleinen, ätherisches Öl enthaltenden Zellen nahe dem Thallusrande hingewiesen. Außerdem fallen hier die langgestreckten Zellen in der Mediane des ausgewachsenen Thallusteils auf. Sie besitzen ebenso wie die anderen Zellen viele Plastiden, die hier so dicht unter den die Oberfläche bildenden Membranen liegen, daß sie sich gegenseitig abplatten. Sie scheinen schon eine gewisse Leitungsfunktion zu übernehmen. Stoffleitung wird nötig, da von den in der Mediane auf der Thallusunterseite sitzenden Rhizoiden aus auch die Randzellen versorgt werden müssen.

4. Räumliche Verhältnisse.

Nachdem wir bis jetzt nur die Oberflächenansicht berücksichtigt haben, wollen wir noch auf die räumlichen Verhältnisse eingehen. Der Marchantiathallus ist in der Regel in seinem mittleren Teil schon zweischichtig, während die primäre Scheitelzelle noch Segmente abscheidet. Da man auf Längsschnitten durch erwachsene Thalli regelmäßig eine zweischneidige, sekundäre Scheitelzelle findet, die abwechselnd nach oben und nach unten Segmente abschneidet und deren Lage also um 90° gegen die primäre Scheitelzelle des jungen Keimlings gedreht ist, fragt es sich, ob sich die beiden Scheitelzellen in ihrer Funktion ablösen, oder ob die sekundäre Scheitelzelle erst in einem Stadium gebildet wird, in dem die primäre längst aufgeteilt worden ist. Ich habe zur Untersuchung dieser Frage Mikrotomlängsschnitte durch Thalli gemacht, deren primäre Scheitelzelle vor ganz kurzer Zeit Aufteilung erfahren hatte. Die Methode, mit der mir dies gelang, habe ich oben in dem

Abschnitt Fixierung und Färbung geschildert. Fig. 2 zeigt in räumlicher Darstellung die Verhältnisse am jungen Thallus. Der Längsschnitt ist median durch die aufgeteilte Scheitelzelle geführt. Die Hauptsegmentwände (1,1; 2,2; 3,3) und die ersten Teilungswände innerhalb des Segments (a, a; b, b) sind durch verstärkte Linien angedeutet. Auf dem Längsschnitt erkennt man, daß der Thallus bis auf die der Scheitel-

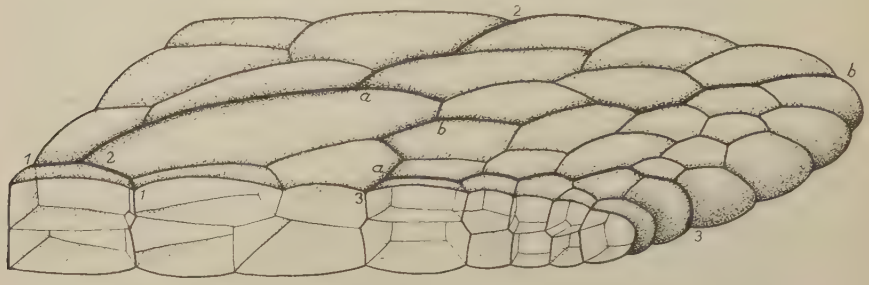

Fig. 2. Marchantia polymorpha L. Schematisierte räumliche Darstellung eines längsgeschnittenen jungen Thallus. Vergr. 710mal.

kante angehörige Zelle zweischichtig ist und daß sich offenbar regelmäßig Horizontalwände einschieben, nachdem die Vertikalwände angelegt sind. Von der sekundären Scheitelzelle ist noch nichts zu erkennen. Sie muß demnach erst in einem späteren Entwicklungsstadium angelegt werden.

Je älter der Thallus wird, umso dicker wird er und umso abschüssiger seine Scheitelbucht. Bei Beobachtung von oben erscheint

Fig. 3. Marchantia polymorpha L. Schematisierte räumliche Darstellung nach einem Längsschnitt durch die eine Scheitelbucht des gegabelten Thallus. Vergr. 710mal.

daher das Zellnetz verzerrt. Zur Ergänzung der Flächenzeichnungen (Taf. V c) mögen die räumlichen Figuren 3, 4 und 5 dienen. Fig. 3 stellt einen kleinen Ausschnitt aus einem gegabelten Thallus dar. Der Längsschnitt wurde durch die eine Scheitelbucht geführt und zeigt, daß die Zellen nahe der Bucht noch keine Horizontalteilung erfahren haben. Auch die Randzellen des Lappens haben noch keine Horizontalteilung

durchgemacht. In Fig. 4 ist ein gegabelter Thallus so quer geschnitten worden, daß die Thalluslappen rechts und links und der Mittellappen angeschnitten sind. Der Schnitt ist nicht ganz senkrecht zur Mediane geführt, so daß der in der Figur rechts gelegene Thalluslappen, der tiefer angeschnitten wurde, größtenteils zweischichtig, während der Lappen links durchweg noch einschichtig erscheint. Der Mittellappen ist ebenfalls an dieser Stelle noch einschichtig, aber schon auf dem nächsten tiefer geführten Serienschnitt trat Zweischichtigkeit auf. Man kann an Fig. 4 gut den Abfall der Oberfläche nach den beiden Scheitelbuchten hin verfolgen. Die Hauptteilungswände sind auch hier durch dickere Strichführung hervorgehoben. In Fig. 5 ist derselbe Ausschnitt in der Ansicht wiedergegeben, die zustande kommt, wenn wir uns die Fig. 4 um 90° gedreht denken. Der linke, einschichtige Lappen der Fig. 4 erweist sich nach hinten auch bereits als zweischichtig.

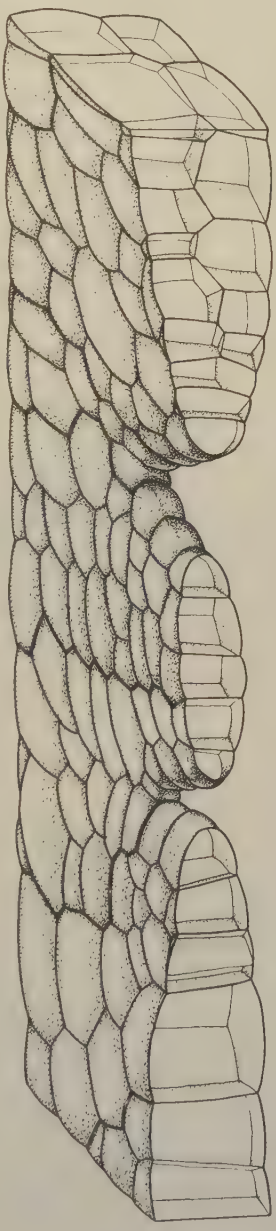

Fig. 4. Marchantia polymorpha L. Räumliche Darstellung eines Ausschnittes des gegabelten Thallus. Schematisiert. Vergr. 710 mal.

II. Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani.

(Plagiochasma italicum [Sassi] de Notaris.)

a) Die Sporen und ihre ersten Keimstadien.

Auf frühere Beobachtungen über die Keimung von Plagiochasma habe ich eingangs hingewiesen und erwähnt, daß vor allem Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani und das Synonym Plagiochasma Aitoni Nees daraufhin untersucht worden sind. Es standen mir aus dem hiesigen botanischen Garten Sporen von Pflanzen zur Verfügung, die unter dem Namen Plagiochasma rupestre und Plagiochasma italicum kultiviert wurden und

ich wählte deshalb die letzte Art, weil hier das Sporenmaterial reichlicher war und mir die Gewähr bot, die Untersuchung auch unter ungünstigen Umständen durchführen zu können. Aus Rabenhorsts Kryptogamenflora (1911, S. 254) ist zu ersehen, daß Plagiochasma rupestre und Plagiochasma italicum wohl identisch sind, und rupestre die ursprüngliche Bezeichnung ist. Da es mir nicht gelang, trennende Merkmale für die beiden Arten zu finden, halte ich es für berechtigt, das untersuchte Material als Plagiochasma rupestre (Forster) Stephani zu bezeichnen.

Zum Unterschied von Marchantia polymorpha ist Plagiochasma ein Xerophyt. Die braunen Sporen sind 94 μ groß (Mittelwert aus 40

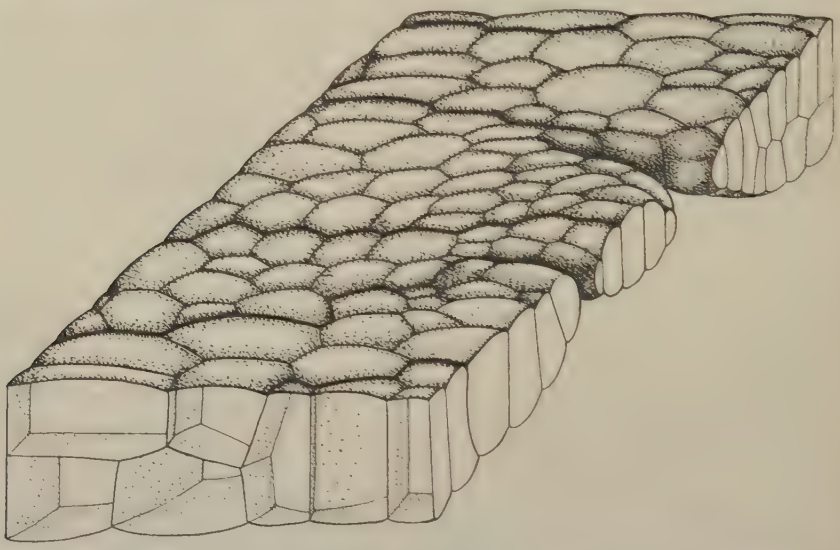

Fig. 5. Marchantia polymorpha L. Schematisierte räumliche Darstellung eines Ausschnitts des gegabelten Thallus. Vergr. 710mal.

Messungen), kugeltetraedrisch, und mit leistenartigen Auflagerungen versehen, die mit breiter Basis der Exine aufsitzen und in einen häutigen, gekerbten Rand auslaufen. Durch diese Auftreibungen, die Goebel als Perinium bezeichnet hat (Organographie 1915, S. 759) und die nur an einzelnen Stellen mit dem eigentlichen Exospor verwachsen sind, im übrigen Hohlräume bilden, bekommt die Haut der Außenfläche der Sporen eine Art Felderung, und zwar bestehen die Felder aus kreisförmigen, kleinen Flächen, die durch breite Zonen der beschriebenen, vorspringenden, mit kleinen Wärzchen und Zäpfchen versehenen Leisten getrennt sind. Die Berührungsflächen mit den

Nachbarsporen sind nicht deutlich abgegrenzt. Sie zeigen auch die Felderung, nur ist die Regelmäßigkeit nicht so groß und an den Schnittlinien der Flächen tritt die Leistenbildung manchmal stärker hervor. Den Inhalt der Sporen kann man wegen der dicken, dunkel gefärbten Haut nicht erkennen, wohl aber schimmern die Chloroplasten etwa 8 Tage nach der Aussaat, deutlich durch die schwach gedehnten Membranen. Ein Teil der Reservestoffe besteht aus Öl. Die Sporen sind im Vergleich zu denen von Marchantia mit größeren Mengen von Reservestoffen ausgerüstet, die dem Keimling gestatten, auch unter ungünstigen Bedingungen die erste kritische Periode zu überstehen. Tatsächlich waren die Plagiochasmasporen viel weniger anspruchsvoll, was das Nährsubstrat anbetraf, und ich konnte aus den Sporen Keimlinge ziehen sowohl auf Agar, der mit Meyerscher oder Knopscher Nährlösung durchsetzt war, als auch auf mit Nährlösung getränkter Kieselgallerte.

Die eigentliche Keimung, d. h. die Bildung eines Keimschlauchs geschah durchschnittlich 10—12 Tage nach der Aussaat, nachdem sich die Spore etwas vergrößert hatte. Daß der Keimschlauch nicht immer nach Aufreißen der Schnittlinien der Berührungsflächen der Sporen mit den drei Nachbarsporen sich vorstreckte, sondern daß ganz beliebige Stellen der Membran gesprengt wurden, habe ich beobachten können. Meistens kommt das Rhizoid seitlich am Keimschlauch zum Vorschein. Doch gibt es von dieser Regel viele Ausnahmen. Manchmal wird überhaupt kein Rhizoid vom Keimling im ersten Entwicklungsstadium gebildet (Taf. VII Figg. 1b bis 15b). Der Keimschlauch wächst auf jeden Fall dem Lichte zu und kann bei Lichtmangel sehr lang werden. Mit der Anlage der ersten Querwand ist das Fadenstadium meist beendet und es beginnt Zellflächenbildung. Bei schlechten Lichtverhältnissen kann aus der Zellfläche erneut ein Faden hervorgehen, wie es Goebel bei Preissia, einer Plagiochasma habituell nahestehenden Form, beobachtet hat.

b) Thallusentwicklung.

1. Schilderung der Entwicklung mehrerer Keimlinge.

Wenden wir uns nun der Betrachtung eines Entwicklungsganges zu, wie er auf Taf. VI in den Figg. 1a bis 19a festgehalten ist. Zunächst sei eine knappe Übersicht gegeben. Nach der Bildung eines kurzen Keimschlauchs (Figg. 1a, 2a) wird die vorderste Zelle kreuzweise längs geteilt (Fig. 3a). Damit ist eine Zellfläche gebildet worden, die sich senkrecht zur Richtung des Keimschlauchs vergrößert. Anfangs erfahren alle Quadrantenzellen gleichmäßige Vergrößerung, dann

Plagiochasma rupestre (F.) St. Taf. VI, Figg. 1a bis 19a.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1a	19. 11. 28		11
2a	20. 11. 28		12
3a	21. 11. 28		13
4a	23. 11. 28		15
5a	25. 11. 28		17
6a	26. 11. 28		18
7a	28. 11. 28		20
8a	30. 11. 28	11^{00}	22
9a	1. 12. 28	17^{00}	23
10a	2. 12. 28	12^{00}	24
11a u. 11a'	3. 12. 28	11^{00}	25
12a u. 12a'	4. 12. 28	11^{00}	26
13a	5. 12. 28	11^{00}	27
14a	6. 12. 28	11^{00}	28
15a	7. 12. 28	16^{00}	29
16a	8. 12. 28	12^{00}	30
17a	9. 12. 28	12^{00}	31
18a	10. 12. 28	12^{00}	32
19a	11. 12. 28	11^{00}	33

wachsen und teilen sich zwei schneller und nach einiger Zeit tritt in einem der Quadranten eine zweischneidige Scheitelzelle auf (Fig. 4a), die in der Folge einige Segmente abschneidet (Figg. 5a, 6a) und früh aufgeteilt wird (Fig. 7a). Das Wachstum in den drei anderen Quadranten findet bald ein Ende. Bei diesem Keimling hat die Scheitelzelle vier Segmente gebildet. In den folgenden Figuren (8a bis 19a) finden nur noch Teilungen in Segment III, weiter noch in Segment IV und schließlich allein im Bereich der Scheitelzelle statt, bis das aus der Scheitelzelle hervorgegangene Gewebe den ganzen vorderen Teil des Thallus einnimmt (Fig 19a).

Diese kurze Darstellung soll nun durch eine Schilderung der Einzelheiten des Entwicklungsganges ergänzt werden. Fig. 1a zeigt eine Spore 11 Tage nach der Aussaat. Das Exospor ist schon aufgerissen und der Keimschlauch beginnt sich vorzuschieben. Dicht unterhalb der Rißstelle ist kurz vorher das erste Rhizoid durchgebrochen. In Fig. 2a hat sich der Keimschlauch, der in schräger Richtung nach oben gewachsen ist, durch eine Querwand geteilt und damit seine endgültige Länge erreicht. Das Rhizoid ist schon ins Substrat eingedrungen. Die erste Teilwand im Keimschlauch wurde angelegt, nachdem fast alle Chloroplasten in die knopfig angeschwollene Spitze gewandert waren. Hinter der Querwand ist der Keimschlauch fast ohne Plastiden. Trotzdem kann er noch Querteilungen ausführen. Die Oberfläche der ersten

Zellen zeigt bei Betrachtung mit dem Mikroskop eine ganz feine, körnige Auflagerung, während der ältere Thallus einen dicken, weißen Wachsüberzug mit bloßem Auge erkennen läßt, wie er auch vielen höheren Pflanzen eigen ist, die eines Verdunstungsschutzes bedürfen. Die körnige Auflagerung und der Wachsüberzug färben sich beide stark mit Sudan III. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß sie aus demselben Stoff bestehen. In der folgenden Figur (3a) treten uns die Zellen der Fig. 2a als geteilt entgegen. Die untere hat eine Querwand erhalten, die obere ebenfalls eine Querwand, worauf ihre Deszendenten längs geteilt wurden, der untere durch eine Längswand in zwei Zellen und der obere zunächst durch drei Längswände in vier Quadranten (in Fig. 3a mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet). Von den Quadranten sind 2 und 3 bereits weiter, beide in zwei Zellen aufgeteilt. Die Lage der Wände ist aus Fig. 3a zu entnehmen. Der endständige Zellquirl, die Keimscheibe, ist knopfförmig angeschwollen. Ihre Lage ist meist so, daß ihre Entwicklung mikroskopisch schwer zu verfolgen ist. Der aus einem der Quadranten hervorgehende Thallus legt sich mit fortschreitender Entwicklung von Rhizoiden immer mehr dem Substrat an. In der Regel fällt bald der Keimschlauch zusammen. Seine Reste und die der Sporenmembran werden von Bakterien und Pilzen zerstört. Wir gehen zu Fig. 4a über. Das stärkste Wachstum hat Quadrant 3 erfahren, in dem wir jetzt eine Scheitelzelle und zwei Segmente ausgebildet finden. Beide Segmente haben schon Querwände eingeschoben. Im Quadranten 2 ist eine zweite Wand gebildet worden, die senkrecht auf die erste trifft und der Quadrant 4 hat zwei Querteilungen ausgeführt. In der folgenden Figur (5a) ist jede der beiden Zellen unter der Keimscheibe durch eine Querwand zerlegt worden. Der Keimschlauch erscheint jetzt noch etwas mehr aufgerichtet, so daß die Keimscheibe unverkürzt von oben betrachtet werden kann. Die Quadranten 1 und 2 haben nur ihre Zellen vergrößert, im dritten Quadranten hat die Scheitelzelle Segment III abgeschnitten. Segment I hat auf die erste eine zweite, schiefe Wand aufgesetzt, so daß zwei basale Zellen und eine Spitzenzelle entstanden sind. Aus dieser haben sich zwei Tochterzellen gebildet. Segment II hat seine Spitzenzelle quer geteilt und im jüngsten Segment ist auch eine Querwand aufgetreten. Das gleiche gilt von der Spitzenzelle des vierten Quadranten. Durch diese Teilungsvorgänge kommt in kürzester Zeit die Vorwölbung der Lappen zu beiden Seiten der Scheitelzelle zustande, was für Plagiochasma in viel stärkerem Maße charakteristisch ist als für Marchantia. Fig. 6a zeigt, daß sich die Zellen der Scheitelregion rasch aufgeteilt haben. Betrachten wir zuerst Segment I, so

ist hier in der zweiten Zelle von der Spitze eine Längswand ausgespannt worden. In Segment II sind zwei schiefe Wände aufgetreten, dann ist die Spitzenzelle quer aufgeteilt worden. Auffällig ist ein dreieckiger Interzellularraum unter Segment IV (Fig. 6a). Zweifellos ist er dadurch zustande gekommen, daß sich die Membranen hier voneinander gelöst haben. Segment III hat seine basale Zelle aufgeteilt und seine Randzelle durch eine Antikline halbiert und die Scheitelzelle hat links ein viertes Segment abgeschnitten. In Fig. 7a hat Segment I keine Aufteilung mehr erfahren. Zwischen Hauptsegmentwand und der ersten Wand des Segments ist ein zweiter Interzellularraum gebildet worden. Der Interzellularraum zwischen Segment II und IV hat sich vergrößert, besitzt fünfeckige Form und reicht schon bis zur nächsten Querwand. Da der Thallus bald mehrschichtig wird, führen diese Grübchen nur bis zur tieferliegenden Zellschicht und scheinen eine primitive Art von Luftkammern darzustellen, die allerdings den komplizierten Kammern des ausgewachsenen Thallus sehr unähnlich sind und schon nach kurzer Zeit so flach werden, daß man sie nicht mehr für Kammern halten kann. Da diese Aufspaltungen mit großer Regelmäßigkeit längs den ältesten Wänden erfolgen, kann man mit ihrer Hilfe das Alter der Wände einwandfreier nachweisen, als es möglich wäre, wenn man den Grad der Verknickung als Kriterium benützte. Segment II hat sich stark konkav dem Scheitel zugekrümmt und die rechte Spitzenzelle nacheinander zwei schiefe Wände gebildet. Man kann deutlich den Absatz des im Wachstum stillstehenden, vierten Quadranten gegen Segment II erkennen. Segment III hat seine beiden Randzellen durch eine Antikline und eine Perikline geteilt. Die Aufteilung erreicht hier bei weitem nicht den Grad von Regelmäßigkeit, wie wir ihn bei Marchantia feststellen konnten. Segment IV ist quer geteilt und die Scheitelzelle ist durch eine Längswand halbiert worden. Die Aufteilung erfolgt also noch viel früher als bei Marchantia, und wir werden Beispiele kennenlernen, wo wir einen noch viel geringeren Grad von Segmentierung feststellen müssen. Von den beiden an die frühere Keimscheibe anstoßenden Zellen teilt sich die rechte (Fig. 7a). Damit ist hier die Wandbildung abgeschlossen. Wir brauchen also den Teil des Keimlings, der unterhalb der Keimscheibe liegt, nicht mehr zu berücksichtigen.

Hier scheint mir der passende Ort zu sein, auf die von Schostakowitsch gelieferte Beschreibung der Keimung einzugehen. Er findet, daß der Keimschlauch bald eine Querwand bildet und die abgeschnittene Spitzenzelle durch weitere Querwände in drei Zellen zerfällt, deren

hinterste die älteste ist und ungeteilt bleibt. Die mittlere spannt eine Längswand und später eine schiefe Wand aus, womit sie eine Rhizoidmutterzelle abschneidet. Die vordere Zelle liefert die Quadranten. Diesen Angaben kommt keine Allgemeingültigkeit zu. Ich habe nicht selten gefunden, daß die mittlere von drei auftretenden Querwänden die erste war und daß die beiden anderen sich etwa gleichzeitig in den Zellen vor und hinter ihr bildeten. Bei unserem Objekt führte die mittlere Zelle mehrere Teilungen aus. Ähnliches beobachtete ich auch sonst wiederholt, trotzdem die Feststellung schwierig ist, wenn der Keimschlauch fast vertikal zum Substrat steht. Abweichungen von der Entwicklungsart, die Schostakowitsch beschreibt, müssen also häufig vorkommen. Auch daß regelmäßig der Quadrant, der dem Rhizoid gegenüberliegt, die Pflanze hervorbringt, habe ich nicht bestätigt gefunden.

In Fig. 8 a hat die Spitzenzelle von Segment I noch eine Teilung ausgeführt (vgl. Fig. 7 a), wodurch eine knopfförmige Zelle abgeschnitten worden ist. Diese Zellen, die immer wieder an der Spitze von ausgewachsenen Segmenten auftreten, geben dem Thallus von Plagiochasma sein eigentümliches Gepräge. Segment II ist unverändert geblieben, dagegen hat Segment III in seinen vorgewölbten Randpartien Querwände eingeschoben und hat dadurch die Scheitelbucht verengert. Segment IV hat seine Spitzenzelle quer geteilt. Die rechte der beiden aus der Scheitelzelle entstandenen Zellen hat sich quer geteilt. An der Grenze zwischen Segment III und dem aus der Scheitelzelle entstandenen dreizelligen Komplex finden wir einen Interzellularspalt. In Fig. 9 a sind nur noch in dem Bereiche der Segmente II, III und IV und der Scheitelzelle Wände neu gebildet. In der linken Randzelle von Segment III ist eine Wand aufgetreten. In Segment IV hat die Spitzenzelle eine Querwand eingeschoben, und an der Stelle, an der die erste Wand innerhalb des Segments und die Hauptsegmentwand (II, IV) sich treffen, ist ein kleiner Interzellularraum gebildet worden. Segment IV hat seine basale Zelle quer geteilt und im Bereich der Scheitelzelle hat die linke Hälfte die erste Teilung durch eine Querwand, die rechte die zweite durch eine Längswand vollzogen. Die Scheitelbucht ist stark verengt und die Spitzenzellen der Segmente II und IV links und III rechts berühren sich beinahe. In der nächsten Figur (10 a) hat die linke Seite des Bereichs der früheren Scheitelzelle sich mächtig vorgewölbt und eine schräg verlaufende Wand gebildet. Die Randzellen des rechten Thalluslappens haben sich vergrößert. Der Übergang zu Fig. 11 a macht einige Schwierigkeiten, denn die Verhältnisse im Bereich der Scheitelbucht sind schwer zu übersehen, weil die jüngsten Zellen

in perspektivischer Verkürzung erscheinen. Deshalb wurde diese Region in dreifacher Vergrößerung (11 a') zur Ergänzung beigefügt. Außerdem zeigen sich aber große Veränderungen, die hauptsächlich auf ein gesteigertes Wachstum in Segment IV zurückzuführen sind. Es hat seine Spitzenzelle stark verbreitert und eine Antikline eingeschoben, der dann rechts und links Periklinen gefolgt sind. Ferner ist die dem Segment benachbarte Zelle aus dem Bereich der früheren Scheitelzelle noch weiter vorgewachsen, so daß ihre den Thallusrand begrenzende Wand auf die Spitzenzelle von Segment IV aufstößt, während diese Wand noch in der vorhergehenden Figur an eine andere Zelle von Segment IV grenzte. Solche Verschiebungen werden noch manchmal bei Plagiochasma wiederkehren und sind nicht nur auf ungenaue mikroskopische Beobachtung zurückzuführen — obwohl das manchmal der Grund sein mag — sondern müssen als Eigentümlichkeit dieser Form gelten. Ich werde auf diesen Punkt weiter unten noch eingehen. Wir betrachten nun den Bereich der einstigen Scheitelzelle an Hand von Fig. 11 a'. Gehen wir von der ersten Teilwand der Scheitelzelle aus, so sind uns in der rechten Partie die Querwand und die auf sie treffenden Längswände bekannt. Hinzugekommen ist die schräge Wand in der linken Randzelle. In der linken Hälfte war eine Querwand und eine schräg verlaufende Längswand vorhanden, die linke Randzelle hat nunmehr Querteilung erfahren. Die erste der gebildeten Einsenkungen ist noch weiter der Spitze des Segments zu fortgeschritten, so daß zwei Interzellularräume beinahe verschmelzen. Dies ist auch in Fig. 12 a geschehen, die fast keine neuen Teilungen aufweist, wohl aber die Verhältnisse in der Scheitelbucht besser erkennen läßt, da sich die Zellen vergrößert haben (siehe auch Teilfig. 12 a'). In Fig. 13 a hat sich die einstige Scheitelzelle beträchtlich vergrößert. Die rechte Hälfte hat besonders in ihren Randzellen vielfache Aufteilung erfahren, und zwar sind den jüngsten Querwänden links eine Längswand, rechts zwei Längswände und eine schiefe Wand gefolgt. In der linken Hälfte hat die rechte Randzelle eine Längswand bekommen, während die linke durch eine schiefe Wand geteilt wurde. In Segment IV hat sich längs der Hauptsegmentwand (IV, S) an zwei Stellen ein Interzellularraum gebildet. Die vorderste der drei Randzellen hat Längsteilung erfahren. In Segment III hat die linke Randzelle auf die Perikline zwei schiefe Wände gesetzt. In Fig. 14 a hat sich — wenn wir das Gebiet der Scheitelbucht von rechts nach links durchgehen — der rechte Lappen stark vorgewölbt. Im Inneren sind mehrere Wände aufgetreten und eine Randzelle ist quer, eine zweite längs geteilt worden. Weiter links folgen drei Randzellen, die gleichzeitig quer geteilt worden

sind. Auf der linken Flanke finden wir eine neue Längswand. Fig. 15a bietet uns die rechten Randzellen der Scheitelbucht unverändert, dagegen sind in zwei Randzellen der linken Seite Querwände aufgetreten. In Fig. 16a finden wir im rechten Teil der Bucht in einer Randzelle eine schiefe neue Wand, in der linken Hälfte drei Randzellen, von denen die erste eine schiefe, die andere eine Querwand, die dritte eine Längswand gebildet haben. In den Segmenten ist jede Teilung unterblieben. Die linke Thallusseite erscheint in der Figur etwas verschmälert, da sich diese Flanke nach dem Substrat hinneigt. Dies wird in Fig. 17a noch deutlicher und besonders die Randzellen von Segment IV verlieren ihre Größe. Auch der dort befindliche Interzellularraum ist ganz schmal geworden. Ebenso sind die Randzellen von Segment III stark verschmälert. In der Scheitelbucht sind hauptsächlich Antiklinen aufgetreten, und jetzt scheint sich das Wachstum strenger an die Gesetzmäßigkeit des Wechsels von Antiklinen mit Periklinen zu halten. Im weiteren Wachstumsverlauf sind die einzelnen Zellen größer geworden, Teilungen haben kaum stattgefunden (Fig. 18a). In der letzten Figur (19a) nimmt die einstige Scheitelzelle die ganze Breite des Thallus ein. Die Segmente sind vollständig zur Seite gedrängt. Die Scheitelbucht ist ganz flach geworden und besitzt ziemlich große Randzellen. Das beschriebene ist das einzige von mir beobachtete Objekt, das die Zellen der Bucht in diesem Stadium unverkürzt zeigt. Wie ich schon oben schilderte, werden die luftkammerartigen Einsenkungen der Thallusoberfläche nach kurzem Wachstum sehr flach. Dies ist auch schon in den letzten Stadien der Entwicklungsreihe so, und man würde in den letzten Figuren die Interzellularräume schwer als solche erkennen, da das darunterliegende Gewebe den Raum ausfüllt. Alle Zellen des Plagiochasmathallus sind auf ihrer Oberfläche viel mehr gebuckelt als Marchantia, so daß sie sich vielfach teilweise überdecken. Die Zellwände sind häufig schwer zu erkennen. Man sieht auch nicht so deutlich wie bei Marchantia die Chloroplasten an den Wänden angeordnet, da der dicke Thallus genaue Beobachtung des Zellinhalts unmöglich macht.

Dem nächsten Entwicklungsgang eines Plagiochasmakeimlings (Taf. VI, Figg. 1b—19b) will ich eine kurze Übersicht vorausschicken. In Fig. 1b ist schon die Keimscheibe gebildet. Der kurze Keimschlauch entzieht sich der Beobachtung, weil er beinahe senkrecht steht und daher durch die Keimscheibe fast verdeckt wird. In den Figg. 2b bis 7b erkennt man im dritten Quadranten die Tätigkeit einer zweischneidigen Scheitelzelle an der Bildung von drei Segmenten. In Fig. 8b ist die Scheitelzelle aufgeteilt und wird im weiteren Entwicklungsverlauf aus

Plagiochasma rupestre (F.) St. Taf. VI, Figg. 1b bis 19b.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1b	11. 3. 29	11^{00}	16
2b	11. 3. 29	20^{00}	16
3b	12. 3. 29	10^{30}	17
4b	12. 3. 29	19^{00}	17
5b	13. 3. 29	10^{00}	18
6b	13. 3. 29	19^{00}	18
7b	14. 3. 29	10^{00}	19
8b	14. 3. 29	19^{00}	19
9b	15. 3. 29	10^{00}	20
10b	15. 3. 29	19^{00}	20
11b	16. 3. 29	10^{00}	21
12b	16. 3. 29	20^{00}	21
13b	17. 3. 29	11^{00}	22
14b	18. 3. 29	11^{00}	23
15b	19. 3. 29	12^{00}	24
16b (16b')	20. 3. 29	21^{00}	25
17b (17b')	21. 3. 29	10^{00}	26
18b (18b')	22. 3. 29	16^{00}	27
19b	24. 3. 29	13^{00}	29

der Scheitelbucht nach links abgedrängt. Mit fortschreitender Verdickung des Thallus wird die Beobachtung eines Teils der Randzellen fast ganz oder ganz unmöglich. So verschwindet z. B. die Fig. 18b links von der Scheitelbucht an der mit *o* bezeichneten Stelle der Thallusrand hinter Zellen, die in Form eines Buckels aus dem Rücken des zweiten Segments hervorgehen. Der linke, aus der Scheitelzelle hervorgegangene Zellkomplex, erscheint daher so, als ob er aus zwei Komplexen bestände (S_1 und S_2 der Fig. 18b). Auch in der Scheitelbucht der Fig. 19b ist ein Teil der Randzellen des Thallus entweder nicht oder nur stark verkürzt zu sehen, da der Thallus steil zum Rande abfällt. Dieser Übersicht des Entwicklungsganges lassen wir eine ausführlichere Beschreibung folgen.

In Fig. 2b ist der Quadrant 1 den anderen um einen Teilungsschritt voraus. Es haben sich in allen Quadranten zuerst Wände, die parallel der ersten Wand der Keimscheibe (*a, a*) laufen, gebildet, und dann hat sich jeweils die größere der beiden Zellen in den Quadranten 1, 2 und 3 quer geteilt. Man kann bis jetzt noch nicht erkennen, welcher der Quadranten die Führung übernehmen wird, und wenn ich die Teilungen im dritten Quadranten als Scheitelwachstum deute, so tue ich das auf Grund meiner Beobachtungen über die weitere Entwicklung. In Fig. 3b hat der Quadrant 3 schon den ersten Quadranten in der Aufteilung eingeholt. Er besteht aus zwei Segmenten und einer Scheitelzelle. Quadrant 4 hat eine zweite, schiefe Wand gebildet und

wird sich bald an der Überwölbung der Scheitelregion beteiligen. Erst jetzt hat sich ein Rhizoid aus der Spore entwickelt. Die folgende Figur (4b) bringt wenig Neues hinzu und in Fig. 5b scheint das Wachstum in der Scheitelregion geradezu erloschen, während sich in den anderen Quadranten Aufteilung zeigt, so daß die Quadranten 2 und 4 je vier Randzellen besitzen. Wir berücksichtigen künftig die Spore mit dem Keimschlauch nicht mehr, da beide mehr oder weniger von den aus der Keimscheibe stammenden Zellen verdeckt werden und nichts Neues mehr bieten. In Fig. 6b hat nach langer Pause die Scheitelzelle Segment III abgeschnitten, im Segment I hat sich die basale Zelle quer geteilt, und in Fig. 7b hat die Randzelle von Segment II schiefe, die Basalzelle Längsteilung erfahren, während Segment III die erste Querwand gebildet hat. Zwischen der basalen Zelle von Segment II und und dem vierten Quadranten ist die erste Interzellularspalte aufgetreten. Fig. 8b bringt die Aufteilung der Scheitelzelle und die Bildung einer Längs- und einer Querwand in der Randzelle von Segment II, wie auch die Querteilung der Spitzenzelle von Segment I. In Fig. 9b bemerken wir einen zweiten Interzellularspalt zwischen Segment I und II. Teilungen sind kaum aufgetreten, dagegen finden wir in Fig. 10b einige neue Wände, z. B. eine Längswand in der Randzelle von Segment III, zwei neue Wände in der basalen Zelle von Segment I. Die Scheitelregion ist jetzt deutlich eingesenkt und in dem Stadium, in dem die Beobachtung schwerer wird. Man beachte auch die Vergrößerung der beiden ersten Interzellularräume und das Entstehen eines dritten innerhalb von Segment II. In Fig. 11b hat die Spitzenzelle von Segment II eine Bogenwand und dann eine Längswand angelegt. Die Spitzenzelle von Segment I hat sich längs und die rechte Teilzelle antiklin geteilt, und die Spitzenzelle des vierten Quadranten hat zwei Querwände gebildet. Die folgende Figur (12b) bringt eine zweite Längswand in der Randzelle von Segment III und die Querteilung der Spitzenzelle im Bereich der ehemaligen Scheitelzelle zur Darstellung. In der Spitzenzelle von Segment II ist eine schiefe Wand aufgetreten. Außerdem haben sich die Interzellularspalten vergrößert. In der folgenden Figur (13b) sind sämtliche Randzellen von Segment III quer geteilt worden, und die mittlere Randzelle im Bereich der früheren Scheitelzelle hat auf eine Bogenwand eine Längswand folgen lassen. Da die Figuren in kurzen Zeiträumen nacheinander aufgenommen wurden, kann man ohne Mühe die neu gebildeten Wände erkennen. Fig. 14b zeigt uns eine starke Vorwölbung der Thalluslappen. Die rechte Spitzenzelle von Segment II hat sich längs, die Spitzenzelle von Segment I quer geteilt. Im Segment III ist in

den beiden äußeren Randzellen eine Längswand, in der mittleren eine Querwand gebildet worden. Die Bildung von Interzellularen findet von nun ab auch auf der gegen die Scheitelkante abschüssigen Fläche des Thallus statt. Man sieht sie aber selbstverständlich nicht mehr senkrecht von oben, sondern weniger oder mehr im Profil. Der Interzellularspalt (x in Fig. 14b) liegt im Profilansicht am Rande des Thallus links von der Scheitelbucht. In Fig. 15b ist die riesige Interzellularspalte zwischen den Abkömmlingen von Quadrant 4 und Segment II bemerkenswert, die nun fast bis an den Rand des Thallus reicht. Weitere Aufteilung ist in den Randzellen des Segments III erfolgt, und hier ist auch bereits in den früheren Figuren ein Interzellularspalt entstanden, der sich ein Stück längs der Hauptsegmentwand zwischen Segment I und III hinzieht und weit ins Segment III vorspringt. Die ehemalige Scheitelzelle ist ganz nach links abgedrängt, während Abkömmlinge von Segment III die Scheitelbucht ausfüllen. In der nächsten Figur (16b) kommt die starke Verkürzung der Randzellen in der Bucht zum Ausdruck. Deshalb ist die Scheitelbucht in der dreifach größeren Teilzeichnung 16b' besonders wiedergegeben. In dem aus der Scheitelzelle entstandenen, links von der Scheitelbucht liegenden Bereiche, in der Mitte der Scheitelbucht und an ihrem rechten Rande lassen sich die Randzellen des Thallus immer schwieriger beobachten. Zum Teil werden sie durch Zellen, die der Rückenfläche des Thallus angehören, ganz verdeckt. Der Thallus ist dick und sein Vorderrand abschüssig geworden. Der Interzellularraum in Segment III hat sich mächtig vergrößert. Noch ungünstigere Verhältnisse für die Beobachtung der Scheitelbucht bietet Fig. 17b, in der eine nicht mehr angebbare Zahl von Randzellen sich überhaupt der Beobachtung entzieht. Die Zellen, die bei Oberansicht am Rande zu liegen scheinen, sind nicht die eigentlichen Randzellen. Dasselbe gilt auch für die Figg. 18b und 19b. Es ist infolgedessen nicht mehr möglich, allein durch Betrachtung von oben die Vorgänge am Scheitel aufzuklären.

Es soll nun die Schilderung eines Entwicklungsganges folgen (Taf. VII, Fig. 1a bis 22a), bei dem. um es vorwegzunehmen, die aus dem mit 3 bezeichneten Quadranten hervorgegangene Scheitelzelle nach Bildung zweier Segmente (I und II) auf die Seite gedrängt wird. Im Segment I bildet sich die Scheitelbucht aus. Es ist hier die Frage berechtigt, ob man überhaupt von einer Scheitelzellfunktion sprechen soll, und man kann Fellner verstehen, wenn er beim Studium der Keimung von Riccia glauca, deren Thallus von den Plagiochasma an Dicke übertrifft, sonst aber Ähnlichkeit zeigt, zu dem Schluß kommt,

Plagiochasma rupestre (F.) St. Taf. VII, Figg. 1a bis 22a.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1a	10. 3. 29	12^{00}	15
2a	11. 3. 29	10^{00}	16
3a	12. 3. 29	10^{00}	17
4a	12. 3. 29	19^{00}	17
5a	13. 3. 29	10^{00}	18
6a	13. 3. 29	19^{00}	18
7a	14. 3. 29	10^{00}	19
8a	14. 3. 29	19^{00}	19
9a	15. 3. 29	10^{00}	20
10a	15. 3. 29	18^{00}	20
11a	16. 3. 29	10^{00}	21
12a	16. 3. 29	20^{00}	21
13a	17. 3. 29	10^{00}	22
14a	18. 3. 29	10^{00}	23
15a	19. 3. 29	10^{00}	24
16a	20. 3. 29	19^{00}	25
17a	21. 3. 29	11^{00}	26
18a	22. 3. 29	12^{00}	27
19a	23. 3. 29	17^{00}	28
20a	24. 3. 29	11^{00}	29
21a	25. 3. 29	10^{00}	30
22a	26. 3. 29	11^{00}	31

daß kein Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle vorliege. In Fig. 4a hat Segment I die erste Teilung vollzogen und in Fig. 5a finden wir Segment II neu gebildet. In den folgenden Figuren entsteht in den Zellen in Segment I die Scheitelbucht, während Segment II nnd die Scheitelzelle nach wenigen Teilungsschritten kaum noch Veränderungen erfahren.

Wir gehen nun zur Einzelbeschreibung über. In Fig. 1a durchbrechen Keimschlauch und Rhizoid gleichzeitig die Sporenmembran. In Fig. 2a ist schon die aus den vier Quadranten gebildete Keimscheibe vorhanden. Wir haben auch hier einen senkrecht nach oben gerichteten Keimschlauch, der von der Keimscheibe fast verdeckt wird. Die Wand a, a scheint die erste Wand der Keimscheibe zu sein. Auf sie haben sich die beiden Wände b, b aufgesetzt. Nennen wir den unteren der beiden der Spore zugekehrten Quadranten 1, den rechts anschließenden 2, den darüberliegenden 3 und den über 1 befindlichen 4, so können wir die nächte Figur (3a) leichter beschreiben. Quadrant 4 ist ungeteilt geblieben, während die anderen drei Quadranten die erste Teilung erfahren haben. Dadurch, daß die Keimscheibe noch nicht ganz in die Horizontallage gerückt ist, erscheint ihre erste Wand a, a in dieser Figur noch bogenförmig. Im Keimschlauch ist eine Querwand sichtbar. Nun setzt das Wachstum kräftig ein (Fig. 4a). Qua-

drant 4 hat sich quer, dann längs geteilt, während in Quadrant 1 auf die erste schiefe Wand eine zweite gefolgt ist. Außerdem hat die mittlere der drei Zellen sich geteilt. Quadrant 2 finden wir unverändert und im dritten Quadranten hat sich eine Längswand gebildet. In Fig. 5a hat sich im vierten Quadranten die Innenzelle quer geteilt. Im ersten Quadranten ist nochmals eine schiefe Wand aufgetreten. Im zweiten Quadranten sind die größere und kleinere Zelle quer geteilt worden, und die letzere hat ihre Randzelle durch eine Längswand geteilt. Quadrant 3 besitzt jetzt zwei Segmente und eine Scheitelzelle. Segment I läuft in der Teilung Segment II weit voraus und besteht schon aus vier Zellen, während Segment II noch ungeteilt ist. Da an Spore und Keimschlauch weitere Entwicklungsvorgänge nicht zu beobachten sind, so vernachlässigen wir sie in Zukunft und beobachten von jetzt ab nur noch die Keimscheibe. Die folgende Figur (6a) zeigt die Bildung einer Querwand im Segment II und einer Längswand in der linken Randzelle von Segment I und in der nächten Figur (7a) hat die rechte Randzelle von Segment I auch eine Antikline gebildet. Außerdem haben sich beide Innenzellen aufgeteilt. Im vierten Quadranten hat die rechte Randzelle sich zweimal geteilt und im zweiten Quadranten hat die an Quadrant 3 grenzende Randzelle eine Spitzenzelle abgeschnitten. In Fig. 8a finden wir starkes Wachstum in der Scheitelregion. Rechts von der eben kenntlich werdenden Scheitelbucht hat Segment I zwei Querteilungen, in der Scheitelbucht eine Längsteilung ausgeführt. Die Scheitelzelle hat weder Segmente mehr abgeschnitten, noch sonstige Aufteilung erfahren. Der Hauptzuwachs ist in Segment I erfolgt. In Fig. 9a hat Segment II seine Randzelle längs geteilt. und die Scheitelzelle hat eine kleine Spitzenzelle abgeschnitten und überwölbt die Scheitelbucht, in der links eine neue Querwand, rechts eine Längswand aufgetreten ist. Der Thallus ist breiter geworden, und an dem Kreuzungspunkt der ersten Wände der Keimscheibe ist ein Interzellularspalt aufgetreten, der sich schon in der nächsten Figur (10a) auf das Vielfache vergrößert hat. In der Scheitelbucht sind die beiden mittleren Randzellen quer geteilt worden, während in Fig. 11a die Randzellen der linken Seite Längsteilungen erfahren haben, so daß nun Segment I neun Randzellen besitzt. Eine nahe der Scheitelbucht liegende Innenzelle ist geteilt und der vordere Abkömmling von den umgebenden Zellen überwölbt worden, so daß er eingesenkt erscheint und gleich den Interzellularspalten eine Art Luftkammer bildet. Segment II hat seine Spitzenzelle parallel zur ersten Längswand des Segmentes aufgeteilt, und von den aus der Scheitelzelle hervorgegangenen zwei Zellen hat die größere Querteilung

erfahren. Wenn man den Umriß des Keimlings betrachtet, fallen die tiefen Einschnitte auf, die der Kreuzteilung der Keimscheibe entsprechen. In Fig. 12a wölben sich die Flanken von Segment I unter Aufteilung ihrer Zellen mächtig vor. In der Bucht ist links eine Randzelle quer, rechts eine längs geteilt worden. In Fig. 13a haben sich verhältnismäßig spät weitere Interzellularspalten gebildet, und zwar nur in dem aus dem dritten Quadranten hervorgegangenen Thallusteil.

An dieser Figur möchte ich auf einen eigentümlichen Verlagerungsvorgang hinweisen, der an den vier mit Zahlen versehenen Zellen im zweiten Quadranten besonders auffällig ist. Nach der Bildung der Wand zwischen Zelle 1 und 2 berühren sich die Zellen 1 und 4 (Fig. 10a). Man kann von Fig. 10a zu Fig. 12a eine fortschreitende Annäherung der beiden einander zugekehrten Ecken der Zellen 2 und 3 beobachten. In Fig. 12a ist die Berührung fast erreicht. In Fig. 13a haben die Zellen 2 und 3 eine Berührungsfläche, während 1 und 4 getrennt sind. Während des Überganges der einen Zellanordnung in die andere muß also das Wandstück, das in Fig. 10a, 11a und 12a zwischen den einander zugekehrten Ecken der Zellen 2 und 3 verläuft, längs der Mittellamelle durch deren Auflösung aufgespalten worden sein. Erscheinungen, wie die hier geschilderte, kommen auch bei Marchantia hin und wieder vor und sind bei der Differenzierung der Gefäße im Holz der Dikotylen sehr häufig. Fälle, wie der für Plagiochasma eben geschilderte, beweisen klar, daß aus dem Endzustand der Zellen 1—4 allein die Vorgänge, die zu ihm geführt haben, nicht erschlossen werden können und sie zeigen, wie vorsichtig man ganz allgemein mit Schlüssen aus dem fertigen Zustand auf die Entwicklung sein muß.

Fig. 13a zeigt gegenüber 12a fast keinen Fortschritt, dagegen sind in Fig. 14a verschiedene Längswände in den Randzellen der Scheitelbucht aufgetreten. Beachtenswert ist die rasche Vergrößerung der Interzellularspalten und die Verkleinerung des zuerst gebildeten, der nie die eigentliche Spaltform annahm. Interessant ist auch der Randeinschnitt zwischen Quadrant 2 und 3, der sich noch mehr vertieft, wodurch eine Innenzelle zur Randzelle wird. In Fig. 16a haben die meisten Randzellen der Bucht Periklinen gebildet und in Fig. 17a sind darauf Längswände und zum Teil schon wieder Querwände gefolgt. Überhaupt setzt das Wachstum nun sehr energisch ein. Das sieht man auch an dem Interzellularspalt der rechten Seite, der noch in der vorletzten Figur (15a) aus zwei kleinen bestand. Der Einschnitt zwischen Quadrant 2 und Segment I tritt noch schärfer hervor dadurch, daß sich der rechte Lappen riesig entwickelt hat.

Am hinteren Ende des Keimlings sind aus Zellen der unteren Schichten Rhizoiden gebildet worden. Die Spore würde nur noch halb sichtbar, der Keimschlauch ganz verdeckt sein, wenn wir sie darstellen wollten. Auch Fig. 17a läßt eine bedeutende Vergrößerung des Thallus erkennen, die weniger der Vermehrung der Zellenzahl als dem Wachstum der vorhandenen Zellen zuzuschreiben ist. In Fig. 18a zeigen die Buchtzellen schon die Verkürzung, die mit dem schrägen Abfall dieser Region zusammenhängt. Immerhin sind noch deutlich neue Längs- und Querwände erkennbar. Achten wir noch auf eine kleine, quadratische Randzelle des rechten Thalluslappens, die ich mit X bezeichnet habe. Sie ist in Fig. 19a dreieckig geworden und von der rechts sie begrenzenden Hauptwand abgerückt, so daß wieder eine Innenzelle Randzelle geworden ist. Die auf den ↑ gerichteten Ecken der Zellen 1 und 2 sind unter Aufspaltung der mit ↑ bezeichneten Wand gegen den Rand vorgerückt. Diese Figur zeigt auch noch in dem tiefen Einschnitt auf der linken Seite, der den Thalluslappen teilt, eine kleine Randzelle (0), die noch in der vorigen Figur (18a) Innenzelle war. Ihre in Fig. 18a nach außen gerichtete Ecke ist vorgewachsen und hat nach Aufspaltung der randwärts gerichteten Wand den Rand erreicht und sich abgerundet. Die Aufteilung der Scheitelregion ist besonders links sehr intensiv. In Fig. 20a macht die Beobachtung der Scheitelbuchtzellen schon Schwierigkeit. Längswände lassen sich immer noch leichter erkennen, weil sie den Rand einkerben, während einzelne Querwände zur Deckung kommen, weil die Thallusrückenseite steil zur Scheitelbucht abfällt. In den beiden letzten Figuren (21a, 22a) fällt uns auf, daß das Breitenwachstum mit dem Längswachstum Schritt hält. Die Thalli weichen daher in der Form von den langgestreckten bei Marchantia ab. Über Form und Verteilung der Einsenkungen auf der Rückenseite des Thallus unterrichtet ein Blick auf die Figg. 21a und 22a.

Beachten wir jetzt noch einmal den Verlauf der Quadrantenwände. Der Quadrant 1 bildet das hintere Ende. Er hat früh aufgehört zu wachsen, und seine Randzellen sind peripher gestreckt. Etwas größer sind die beiden seitlichen Quadranten 4 und 2 geworden. Sie haben für kurze Zeit noch am Wachstum teilgenommen und sind langgestreckt. Sie setzen sich deutlich gegen den aus Quadrant 3 entstandenen Thallusteil ab, der sie wie ein Keil auseinandergetrieben hat. Noch treten in dem Stadium, mit dem unsere Reihe abschließt, keine Schleimhaare in der Thallusbucht auf. Aber bei wenig größeren Exemplaren sind sie regelmäßig als mehrzellige Gebilde vorhanden, die in ihrem oberen Teil quer, im basalen auch längs geteilt sind, wovon ich mich am um-

gedrehten Thallus überzeugen konnte. Bald setzen auch die Gabelungsvorgänge ein, die ich aber nicht, wie bei Marchantia, beobachten konnte, weil die Zellen des Thallusrandes von oben nicht mehr ausreichend zu sehen sind.

Plagiochasma rupestre (F.) St. Taf. VII, Figg. 1b bis 15b.

Figur	Tag der Aufnahme	Uhrzeit	Alter in Tagen
1b	11. 3. 29	10^{00}	16
2b	11. 3. 29	20^{00}	16
3b	12. 3. 29	11^{00}	17
4b	12. 3. 29	19^{00}	17
5b	13. 3. 29	10^{00}	18
6b	13. 3. 29	19^{00}	18
7b	14. 3. 29	10^{00}	19
8b	14. 3. 29	19^{00}	19
9b	15. 3. 29	10^{00}	20
10b	15. 3. 29	19^{00}	20
11b	16. 3. 29	10^{00}	21
12b	16. 3. 29	20^{00}	21
13b	17. 3. 29	11^{00}	22
14b	18. 3. 29	11^{00}	23
15b	19. 3. 29	12^{00}	24

Zum Schluß schildere ich Untersuchungen über einen Keimling (Taf. VII, Figg. 1b bis 15b), dessen Scheitelzelle nach Bildung von drei Segmenten (Figg. 6b bis 11b) in der Scheitelbucht aufgeteilt wird (Fig. 12b). Da die Entwicklungsreihe nach der Aufteilung der Scheitelzelle nichts Besonderes mehr bot, verfolgte ich sie nicht weiter.

Zu den einzelnen Figuren wäre folgendes zu bemerken: Die Figg. 1b und 2b bieten gegenüber den früher geschilderten Fällen nichts Neues. In Fig. 3b ist die Endzelle des Keimlings halbiert. Die nächste Figur (4b) bringt schon die Aufteilung der Quadranten. Den größeren linken Teil bezeichnen wir wieder mit 1, den rechts anstoßenden mit 2, die beiden schmal erscheinenden mit 3 und 4 so, daß 4 über 1, 3 über 2 liegt. Quadrant 1 ist in der Teilung schon am weitesten voraus und besitzt schon zwei Randzellen und eine Innenzelle. Quadrant 2 hat einen Teilungsschritt ausgeführt, die anderen Quadranten sind noch ungeteilt. Vom Keimschlauch ist nichts zu erkennen, und Fig. 5b soll die letzte Figur sein, in der die Spore abgebildet ist. Hier hat Quadrant 4 sich geteilt, außerdem die Innenzelle des ersten Quadranten. Ungeteilt ist allein Quadrant 3, und doch ist er es gerade, der die Scheitelzelle bildet. In Fig. 6b ist in ihm die erste Teilung erfolgt. Wir beobachten eine Vergrößerung der Keimscheibe und eine dritte Randzelle im ersten Quadranten. In Fig. 7b

hat sich im ersten Quadranten die Zahl der Zellen nicht vermehrt, dagegen hat Quadrant 2 eine Zelle längs, dann einen der Abkömmlinge quer geteilt. Quadrant 3 hat eine Querteilung vollzogen, Quadrant 4 seine rechte Zelle quer und die Randzelle längs geteilt, während in der linken einer Längsteilung in einem Deszendenten Periklinenbildung folgte. In Fig. 8b interessiert uns Quadrant 3, der nun zwei Segmente gebildet hat. Segment I war schon quer geteilt (Fig. 7b), hierauf hat die Randzelle Längsteilung erfahren (Fig. 8b). In Fig. 9b sind in einigen Randzellen von Quadrant 4 Periklinen entstanden. Fig. 10b zeigt weitere Aufteilung und Vergrößerung von Quadrant 4. In der folgenden Figur (11b) hat sich in Quadrant 3 ein drittes Segment gebildet, das auch fast gleichzeitig mit dem zweiten seine erste Teilung erfahren hat. Segment I hat die Zahl seiner Randzellen verdoppelt. Alle Zellen, besonders die im vierten Quadranten haben sich vergrößert. In Fig. 12b hat sich verhältnismäßig wenig geändert, aber die Scheitelzelle ist aufgeteilt worden, und zwischen Segment I und III ist ein Interzellularraum entstanden. Segment II hat seine Spitzenzelle quer geteilt. Fast dasselbe Bild tritt uns in Fig. 13b entgegen. Die Randzellen von Segment I haben sich um zwei vermehrt, in den Quadranten 1, 2 und 4 ist das Wachstum fast erloschen. In Fig. 14b sind in Segment I an der Peripherie zwei Querwände gebildet worden, Segment II und III haben ihre Randzellen quer geteilt. Im Bereiche der Scheitelzelle ist die äußere Zelle längs geteilt worden. In der letzten Figur (15b) hat sich der Bereich der früheren Scheitelzelle verbreitert und bildet die Basis der Scheitelbucht. Die Segmente I und II übernehmen die Lappenbildung. Segment II spitzt sich zu und seine Spitzenzelle teilt sich quer. Segment I hat in seinem der Bucht zugekehrten Teil noch mehrere Teilungen ausgeführt. Im hinteren Teile ist die Aufteilung zum Stillstand gekommen. Zwischen Segment II und Quadrant 2 ist ein zweiter Interzellularspalt entstanden.

Am Schluß dieses Abschnitts möchte ich darauf hinweisen, daß bei Plagiochasma die nachträgliche Analyse insofern leichter ist, als die spaltenförmigen Einsenkungen der Thallusoberfläche längs den Hauptsegmentwänden zuerst entstehen. Auf Grund dieser Erkenntnis, die freilich auch kaum anders gewonnen werden kann, als durch fortlaufende Beobachtung, ist es möglich, in den Figg. 15a bis 19a der Taf. IV die Segmentwände nachträglich aufzufinden. Aber häufig liegen die Verhältnisse nicht so günstig, wie bei dem erwähnten Objekt. Sehen wir uns die letzten Figuren der Reihe 1a bis 22a der Taf. V daraufhin an, so werden wir hier keine auch nur annähernd stimmende Analyse nach-

träglich machen können. Auch für die Analyse der Objekte, bei denen im Bereich der ehemaligen Scheitelzelle die Scheitelbucht gebildet wird, besteht stets dieselbe Schwierigkeit wie für die Marchantiakeimlinge, so daß man nachträglich kaum feststellen kann, was noch Segment und was schon aufgeteilte Scheitelzelle ist.

2. Wanderung der Randpunkte des Thallus.

(Siehe dazu Fig. 6.)

Für Plagiochasma habe ich wie für Marchantia (siehe dort Näheres) die Bahnen der Randpunkte eines Entwicklungsgangs konstruiert (Taf. VI, Figg. 3 a bis 19 a mit Auslassung einiger Zwischenstadien). Die Übersichtlichkeit leidet hier etwas dadurch, daß die Scheitelbucht durch die von rechts und links hereinragenden Zellpartien etwa in der Mitte der Figur stark verengt ist und daß sich dort einige Linien überdecken und wenige Randpunkte fast aufeinander fallen. Ich habe die verdeckten Teile des Thallusrandes einmal mit - - - das andere Mal mit · · · bezeichnet, so daß diese Signatur nicht mit der der Bahnkurven der Randpunkte verwechselt werden kann. Die beiden in ununterbrochenen Linie gezeichneten Kurven rechts (1) und links (2) sind die Verbindungslinien der Randpunkte der Grenzlinien des Quadranten 3. Dann folgen im gleichen Liniensystem rechts die Verbindungslinie der Randpunkte der Hauptsegmentwände von Segment I und III (3), links die der von II und IV (4) (siehe dazu die Zeichnungen 3 a bis 19 a auf Taf. VI). Außerdem sind die Randpunkte der ersten Antikline innerhalb des Segments in zwei Segmenten zu einer mit · · · · bezeichneten Kurve verbunden. Dasselbe ist auch im Bereiche der ehemaligen Scheitelzelle geschehen. Außerdem sind hier noch die Randpunkte der zweiten zu einer mit · · · · · · bezeichneten und die der dritten Antikline zu einer mit · · · · · · · · bezeichneten Kurve verbunden worden. Die Kurven verlaufen bei diesem Beispiel für Plagiochasma sehr regelmäßig. Man muß sich darüber klar sein, daß die Figur nur einen Einzelfall veranschaulicht und daß jede weitere daraufhin untersuchte Pflanze ihre Eigenart haben würde. Aber allgemein läßt sich hier genau wie bei Marchantia feststellen, daß die Randpunkte anfangs nach vorn wandern, bis sie im Bogen nach der Seite abgedrängt werden.

3. Räumliche Verhältnisse.

In noch viel stärkerem Maße als für Marchantia gilt für Plagiochasma, daß mit dem Studium der Oberfläche des Keimlings keine umfassende Einsicht in die anatomischen Verhältnisse des Thallus gewonnen werden kann. Ich habe schon oben erwähnt, daß man sich den Keimling vom

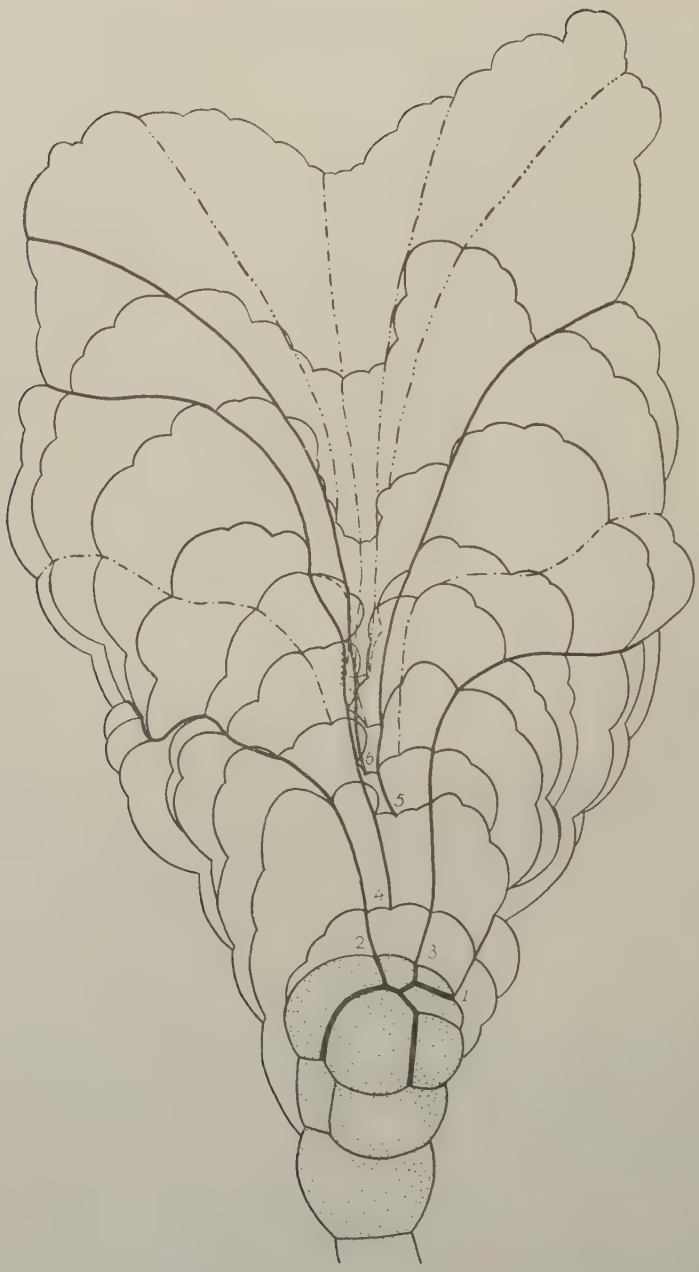

Fig. 6. Plagiochasma rupestre F. St. Wanderung der Randpunkte eines Keimlings. Vergr. 355 mal.

Stadium der Keimscheibe an mehrschichtig zu denken habe. Die Frage, wann eine oder mehrere nach oben und unten Segmente abgliedernde Scheitelzellen auftreten, muß auch hier beantwortet werden, da man sie an älteren Thalli genau wie bei Marchantia vorfindet. Ich kann nicht begreifen, wie verschiedene Autoren (siehe historische Einleitung) von einer dreischneidigen Scheitelzelle reden können. Ich habe ganz junge Plagiochasmakeimlinge nach derselben Methode, wie ich bei Marchantia anwandte, längs geschnitten, hatte aber keinen so guten Erfolg, da schon die Orientierung des Keimlings im Paraffin große Schwierigkeiten bereitete. Ich erzielte in den meisten Fällen schiefe Schnitte. Einen

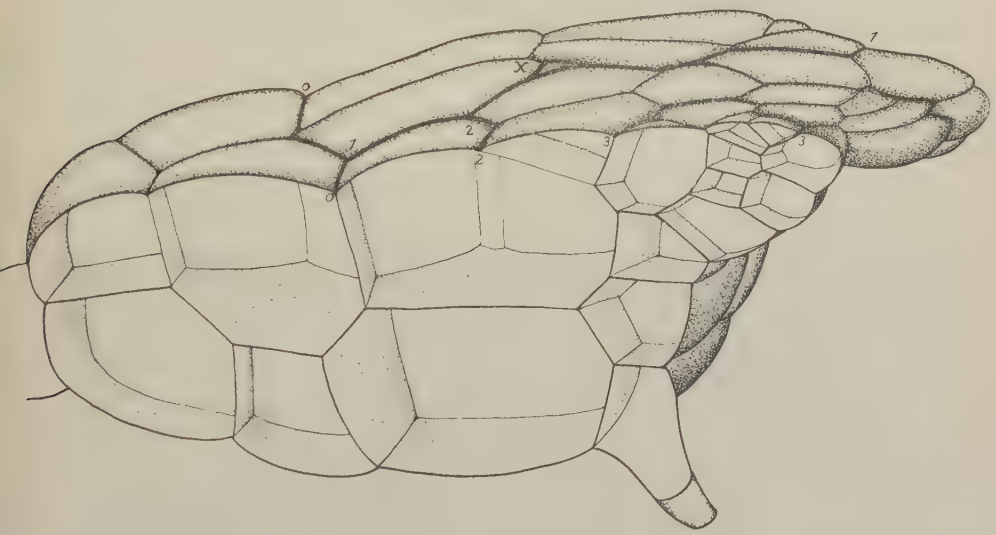

Fig. 7. Plagiochasma rupestre F. St. Schematisierte räumliche Darstellung des längsgeschnittenen jungen Keimlings. Vergr. 710mal.

meiner medianen Längsschnitte habe ich zur Zeichnung von Fig. 7 verwendet. Der ganze Keimling ist mehrschichtig. Am linken Ende befindet sich der Keimschlauch. Nach vorn nimmt der Keimling an Dicke zunächst zu, dann wieder bis zur Einschichtigkeit ab. Der einschichtige Rand erscheint dachartig vorgeschoben. Vorn an der Unterseite hat sich ein Rhizoid gebildet, das an Stelle des langsam absterbenden Keimschlauchs die Nahrungszufuhr und die Befestigung übernommen hat. Ob bei Plagiochasma zuerst eine zweischneidige Scheitelzelle mit vertikaler Schneide und lateralen und dann Scheitelzellen mit horizontaler Schneide und dorsalen und ventralem Segmenten entstehen, kann ich nicht entscheiden, da mir zu wenig gute Schnittpräparate zur Verfügung

standen. Bei Plagiochasma haben die einzelnen Oberflächenzellen stärker vorgewölbte Außenwände als bei Marchantia. Die stark gezeichnete, mehrfach verknickte, mit 0,0 bezeichnete Linie entspricht der ersten quadrantenerzeugenden Wand. Auf diese stößt dann die erste Hauptsegmentwand (1,1), an welcher der erste Interzellularspalt (×) entstanden ist. Die nächst jüngeren Segmentwände, die nicht vollständig in der Figur sichtbar sind, wurden mit 2,2 und 3,3 bezeichnet.

D. Zusammenfassung.

Marchantia polymorpha.

1. Marchantiasporen lassen sich auf Nährböden aus Agar-Agar und Salzen leicht zum Keimen bringen.

2. Die Schnelligkeit der Entwicklung der Keimlinge ist in hohem Maße a) vom Alter der Sporen, b) von der Temperatur, c) von der Lichtintensität und d) von der Nährsalzkonzentration abhängig.

3. Durch längere Beobachtung eines Objekts gelingt es, die Wachstumsvorgänge der Keimlinge zu analysieren.

Der Keimling geht nach kurzem Fadenstadium zur Bildung einer Zellfläche dadurch über, daß eine zweischneidige Scheitelzelle 5—7 Segmente liefert, die sich weiter teilen. Die Scheitelbucht entsteht entweder im Bereich der Scheitelzelle oder eines Segments. Der Thallus wird schon mehrschichtig, bevor die Scheitelkante sich bildet.

Nach 3—4 Wochen gabelt sich der Thallus. Die Gewebsdifferenzierung ist beim 30 Tage alten Keimling noch sehr gering. Die Luftkammerbildung tritt erst wesentlich später ein.

Plagiochasma rupestre.

1. Die Sporen von Plagiochasma rupestre keimen leicht auf Agar- und Kieselgallertenährböden mit Nährsalzen etwa 10—12 Tage nach der Aussaat.

2. Der wenigzellige Keimschlauch stellt sich in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen. Die Spitzenzelle des Keimschlauchs bildet durch Quadrantenteilung die senkrecht zur Keimschlauch- und Lichtrichtung stehende Keimscheibe.

In einem der Quadranten tritt eine zweischneidige Scheitelzelle auf, die im Maximum 3—4 Segmente abwechselnd nach rechts und links abschneidet und dann aufgeteilt wird. Der Keimling ist vom Keimscheibenstadium an ein Zellkörper. Die Beobachtung senkrecht von oben gewährt in vielen Fällen keinen genügenden Einblick in den Ent-

wicklungsverlauf, so daß hier die Methode, einen Keimling während seiner Entwicklung zu beobachten, beschränkten Erfolg hat.

Der Plagiochasmathallus wächst im Laufe der Entwicklung mit einer oder mehreren nach oben und unten Segmente abgliedernden Scheitelzellen. Diese sekundären Scheitelzellen scheinen in einem Stadium gebildet zu werden, in dem die primäre Scheitelzelle längst aufgeteilt ist.

Schon am sehr jungen Thallus treten primitive Luftkammern in Form von Interzellularspalten auf, die zum Teil regelmäßig längs den ältesten Wänden enstehen und sich sehr bald dadurch, daß sie immer flacher werden, der Beobachtung entziehen. Sie erreichen nicht die Höhe der Differenzierung der Luftkammern des erwachsenen Thallus.

Die vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institut der Universität Marburg angefertigt.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. P. Claussen, spreche ich für die unermüdliche Teilnahme an dem Verlauf der Arbeit meinen ehrerbietigen Dank aus.

E. Literaturverzeichnis.

1926. Bergdolt, E., Untersuchungen über Marchantiaceen (Cleveïden). Bot. Abhandlg. Herausgeg. von K. Goebel, **10**, Jena 1926.

1835. Brisseau, s. Mirbel.

1927. Döpp, W., Untersuchungen über die Entwicklung von Prothallien einheimischer Polypodiaceen. Pflanzenforschung, herausgeg. v. Kolkwitz, **8**, Jena 1927.

1875. Fellner, F., Über die Keimung der Sporen von Riccia glauca. Jahresber. d. akad. naturwiss. Vereins in Graz, **1**, 41—47, 1875.

1927. Förster, K., Die Wirkung äußerer Faktoren auf die Entwicklung und Gestaltbildung von Marchantia polymorpha. Planta, **3**, 325—390, 1927.

1927. Gerhardt, E., Untersuchungen über die Vorkeimentwicklung einiger einheimischer Farne. Inaug.-Diss., Marburg 1927.

1889. Goebel, K., Über die Jugendzustände der Pflanzen. Flora, **72**, 1—45, 1889.

1915. — Organographie der Pflanzen. II. Teil, Jena 1915.

1854. Grönland, J., Mémoire sur la germination de quelques Hepatiques. Annales des Sciences nat. Bot., 4, sér., **1**, 5—29, Paris, 1854.

1876. Hansel, V., Keimung von Preissia commutata. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Klasse, Wien, **73**, I. Abt., 89—98, 1876.

1927. Jung, R., Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Mezgeria und einige Farnvorkeime. Inaug.-Diss., Marburg 1927.
1890. Kny, L., Bau und Entwicklung von Marchantia polymorpha. Erläuterungen zu den bot. Wandtafeln, 364—401, 1890.
1886. Krabbe, G., Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefäßpflanzen, Berlin 1886.
1902. Lampa, E., Untersuchungen an einigen Lebermoosen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Klasse, Wien, **111**, 477—489, 1902.
1909. — Über die Beziehungen zwischen dem Lebermoosthallus und dem Farnprothallium. Österr. bot. Zeitschr., **59**, 409—414, 1909.
1876. Leitgeb, H., Die Keimung der Lebermoossporen in ihrer Beziehung zum Lichte. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Klasse, Wien, **74**, 425—436, 1876.
1882. — Untersuchungen über Lebermoose. **6**: Die Marchantiaceen. Graz 1882.
1927. Lilienstern, M., Physiologisch-morphologische Untersuchung von Marchantia polymorpha. Ber. d. Dtsch. bot. Ges., **45**, 447—453, 1927.
1835. Mirbel, M., Recherches anatomiques et physiologiques sur le Marchantia polymorpha. Mém. de l'Académie Royale d. Sciences de l'Institut de France, **13**, 337—436, Paris 1835.
1911. Müller, K., Die Lebermoose in Rabenhorstes Kryptogamenflora, **1**, Leipzig, 1906—11.
1838. Nees v. Esenbeck, Chr. G., Naturgeschichte der europäischen Lebermoose. **4**, Breslau 1838.
1826. O'Hanlon, M. E., Germination of spores and early stages in development of Gametophyte of Marchantia polymorpha. The bot. Gazette, **82**, 215 bis 222, 1926.
1929. Orth, R., Vgl. Untersuchungen über die Luftkammerentwicklung der Marchantiaceen. Flora, neue Folge, **24**, 152—203, 1929.
1924. Pringsheim, E. G., Algenkultur in Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. **11**, Teil 2, I, 377—406, Berlin und Wien 1924.
1894. Schostakowitsch, W., Über die Reproduktions- und Regenerationserscheinungen bei den Lebermoosen. Flora, **79**, 350—384, 1894.
1928. Waldmann, H., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Prothallien einheimischer Polypodiaceen. Inaug.-Diss., Marburg 1928.

F. Tafelerklärung.

Alle Figuren wurden mit einem Abbeschen Zeichenapparat aufgenommen.

Das Alter der Zellwände wurde durch bestimmte Signaturen einheitlich gezeichnet.

Dicke, schwarze Linien bedeuten Hauptsegmentwände der Scheitelzellen und bei den Zeichnungen von Plagiochasma außerdem Quadrantenwände *(a)*. Innerhalb der Segmente sind die Wände dem Alter nach mit den Linienarten *b—f* bezeichnet. Reichten die fünf Linienarten nicht aus, so erfolgte die Bezeichnung mit den Linienarten *g—m*, die gegebenenfalls mehrmals zur Anwendung kamen. Die Vergrößerung ist für alle Tafeln eine 118fache.

Tafel III — Vc.

Marchantia polymorpha L.

A. Jüngere Keimpflänzchen.

Taf. III, Figg. 1a bis 14a. Entwicklung eines Keimpflänzchens aus der Spore mit regelmäßiger, zweischneidiger Scheitelzelle, die sich nach Bildung von sieben Segmenten aufteilt und aus ihren Deszendenten die Scheitelbucht liefert. Wegen der Einzelheiten vgl. den Text.

Figg. 1b bis 9b. Keimling mit unregelmäßig Segmente abgliedernder, zweiseitiger Scheitelzelle.

Figg. 1c bis 7c. Keimling mit regelmäßig Segmente abgliedernder, zweiseitiger Scheitelzelle, die bald in Dauergewebe übergeht, während die Scheitelbucht aus einem Segment entsteht.

Figg. 1d bis 5d. Ungekeimte und keimende Sporen.

Figg. 1e bis 11e. Keimling mit regelmäßig Segmente bildender, zweiseitiger Scheitelzelle, die durch stark sich entwickelnde, linke Segmente nach rechts angedrängt wird und bald in Dauergewebe übergeht. Die Scheitelbucht bildet sich in einem linken Segment.

Figg. 1f bis 15f. Keimling, dessen zweiseitige Scheitelzelle nur wenige Segmente bildet. Die Scheitelbucht geht aus dem zweiten, rechts gelegenen Segment hervor.

B. Weiter entwickelte Keimpflanzen.

Taf. IV, Fig. 1—15. Keimling, dessen zweiseitige Scheitelzelle nach Bildung weniger Segmente nach rechts abgedrängt und in Dauergewebe übergeführt wird, während die Scheitelbucht aus einem linken Segment hervorgeht. Überlagerung der Thalluslappen vor der Scheitelbucht des älteren Thallus.

Taf. V, a, b, c, Figg. 1—22. Entwicklung des Thallus aus der Spore bis kurz nach seiner ersten Gabelung. Wegen der Einzelheiten vergleiche den Text.

Tafel VI—VII.

Plagiochasma rupestre (F.) St.

(Plagiochasma italicum [Sassi] de Notaris.)

Taf. VI, Figg. 1a bis 19a. Entwicklung eines Keimpflänzchens aus der Spore. Nach Bildung des Keimschlauchs und der Keimscheibe erfolgt in einem der vier Quadranten Wachstum mit zweischneidiger Scheitelzelle, die sich nach der Bildung von vier Segmenten aufteilt und die Scheitelbucht liefert.

Figg. 1b bis 19b. Keimling, der kurze Zeit im Keimscheibenstadium mit zweischneidiger Scheitelzelle wächst. Die Scheitelzelle wird nach Bildung von drei Segmenten aufgeteilt und im Bereich des jüngsten Segments die Scheitelbucht ausgebildet.

Taf. VII, Figg. 1a bis 22a. Entwicklung eines Keimlings aus der Spore. Nach der Quadrantenbildung schneidet eine zweiseitige Scheitelzelle im dritten Quadranten zwei Segmente ab. Noch ehe sich die Scheitelzelle aufteilt, wird die Scheitelbucht im Bereich von Segment I angelegt, und die Scheitelzelle nach links abgedrängt.

Figg. 1b bis 15b. Keimling mit regelmäßig drei Segmente abgliedernder, zweiseitiger Scheitelzelle. Ihre Aufteilung erfolgt in der Scheitelbucht.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA.

Menge.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA

Menge.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Paul Menge, wurde am 2. Dezember 1902 in Rosenfeld (Wttbg.) geboren. Ich besitze die württembergische Staatsangehörigkeit und bin evangelischen Bekenntnisses.

Von Herbst 1909 bis Herbst 1911 besuchte ich die Elementarschule in Heidenheim a. d. Brenz und trat dann in das dortige Realgymnasium ein, das ich nach Ablegung der Reifeprüfung im Frühjahr 1921 verließ.

Nach dreieinhalbjähriger Lehr- und Gehilfenzeit in zwei Apotheken bezog ich im Winter 1924 die Universität Tübingen und im Sommer 1925 die Universität Marburg, an der ich nach dem vierten Studiensemester im Herbst 1926 das pharmazeutische Staatsexamen bestand. Darauf wandte ich mich dem Studium der Botanik zu und arbeitete weiterhin bis zum Herbst 1929 an der Universität Marburg. Das Rigorosum bestand ich am 15. Januar 1930. Seit 1. Februar bin ich in der Johannesapotheke in Stuttgart tätig.